
原 著

凍死の診断における血中尿素窒素および クレアチニン測定の有用性

奈良県立医科大学法医学教室

今井裕子, 粕田承吾, 工藤利彩, 勇井克也,
森本真未, 羽竹勝彦

UTILITY OF BLOOD UREA NITROGEN AND CREATININE MEASUREMENT FOR DIAGNOSIS OF FATAL HYPOTHERMIA

HIROKO IMAI, SHOGO KASUDA, RISA KUDO, KATSUYA YUUI,
MAMI MORIMOTO and KATSUHIKO HATAKE
Department of Legal Medicine, Nara Medical University School of Medicine

Received October 19, 2018

Abstract :Diagnosis of fatal hypothermia using biochemical markers from blood obtained post mortem has not been fully studied. The objective of this study was to investigate biochemical markers useful for diagnosis of fatal hypothermia. We investigated 573 cases that were autopsied within 72 hours of death in our laboratory between January 2015 and February 2018. Right cardiac blood, left cardiac blood and the femoral vein were used as blood sampling sites. Levels of troponin T, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, blood urea nitrogen (BUN), creatinine (Cr), creatine kinase (CK), and CK-MB in the blood, and blood and urinary myoglobin (Mb) were measured. Mb staining of kidney specimens was also performed. Although BUN and Cr levels did not differ from their respective clinical reference values, very high levels of the other markers compared with their respective reference values were observed. BUN and Cr values did not differ among the right cardiac, left cardiac, and femoral vein blood. The BUN value of right cardiac blood in patients who died due to fatal hypothermia was significantly higher than that in patients who died due to burns, heart disease, suffocation, hemorrhagic shock, drowning, and trauma; however, the Cr value for fatal hypothermia was not different from that for other causes of death. Also, the BUN/Cr ratio was significantly higher for fatal hypothermia than for other causes of death. The positive rates of Mb staining in the kidney were as follows: fatal hypothermia, 75%; drowning, 56.7%; drug addiction, 53.3%; trauma, 51.4%; burning death, 47.4%; heart disease, 34.8%; and suffocation, 23.1%. In addition, the amount of urine in the urinary bladder was higher in cases of fatal hypothermia than that in cases of other causes of death. These results suggest that a high BUN value and high BUN/Cr ratio are useful for diagnosis of fatal hypothermia; the increase in BUN value may not be due to acute renal failure caused by rhabdomyolysis but may be due to a decrease in renal blood flow caused by extrarenal factors such as dehydration or circulatory failure.

Key words: BUN, creatinine, fatal hypothermia, postmortem biochemistry, myoglobinuria

緒 言

解剖時に得られた血液や尿は死亡にいたるまでの過程, いわゆる死戦期および死後に変化が生じるために, 得られた生化学検査値をそのまま死因の判定に採用できない. そのため, 死因の判定に有用な生化学的検査に関する検討は十分になされていないのが現状である.

凍死の診断は特異的な所見がなく, 比較的特徴的な所見を組み合わせることで判断し, 他に死因となる外傷や内因性疾患がないこと, 発見状況や現場の環境を考慮し, 凍死と判断する. したがって, その診断に役立つ新たな解剖所見あるいは検査所見を見出すことは有意義であり, すでに我々は血液あるいは尿からアセトンの検出が有用であることを報告した¹⁾. 一方, 寒冷暴露により深部体温が35℃に低下した偶発性低体温症では心電図でJ waveやQT延長^{2,4)}など心機能に変化が生じる. また肝・腎臓機能障害, 凝固異常, 横紋筋融解など全身の様々な症状が生じアラニン アミノトランスフェラーゼ (ALT), アスパラギン酸 アミノトランスフェラーゼ (AST), 乳酸脱水素酵素 (LDH), 血中および尿中ミオグロビン (Mb), クレアチンキナーゼ (CK), 尿素窒素 (BUN), クレアチニン (Cr) などの生化学検査値が上昇する⁵⁻⁸⁾. しかし偶発性低体温症にみられる生化学検査値にもとづいて, 死後血から得られた検査結果を凍死の判断にそのまま応用できない. そこで偶発性低体温症において変化がみられる生化学検査項目を踏まえ, 解剖時に得られた血液や尿を用いた検査値が臨床における基準値と比較して使用可能な検査であるのかどうか, また可能な検査の内, 凍死の診断に有用な指標になり得る検査について検討した.

対象と方法

1. 調査対象

平成27年1月から平成30年2月までの3年間に当法医学教室で法医学解剖が行われた死後72時間以内で20歳以上の573例を対象とした. なお本研究は奈良県立医科大学倫理委員会の承認を得て行った (承認番号1337).

2. 調査・検討項目

- 検査項目は血液中トロポニン T, ALT, AST, BUN, Cr, CK, CK-MB, 血中および尿中 Mb の9項目についてそれぞれの値を測定した. また腎臓の Mb 染色をおこなった. なお血液の採取部位は右心血, 左心血および大腿静脈の3部位を採取対象とした.
- 9項目の検査値と死後経過時間 (死後変化) の関係について検討した. なお, この検討における検査値は心疾患や外因死などの各死因が含まれている.
- 死後変化の影響がなく, 検査値が臨床の基準値と近似していると判断された BUN と Cr について, 各採取部位 (左心血, 右心血および大腿静脈) での検査値の平均値および相関を比較検討した.
- 心疾患 (37例: 虚血性心疾患, 高血圧性心疾患, 心筋症), 窒息 (15例: 扼死, 絞死, 縊死, 胸部圧迫), 出血性ショック (8例: 刺創, 骨盤骨折), 焼死 (7例), 凍死 (14例), 溺死 (22例) および外傷 (14例: 頸髄損傷, 硬膜外血腫, 硬膜下血腫, 脳挫傷) の各死因において BUN 値, Cr 値および BUN/Cr 比を比較検討した.
- 腎臓の Mb 染色で陽性の有無を判断し, 各死因との関連性を検討した. 写真1のように尿管管上皮に Mb が検出される例および尿管管内に円柱として認められる例を陽性とした (Fig. 1a,b). 心疾患 (46例), 窒息 (13例), 溺死 (30例), 焼死 (19例), 凍死 (20例), 薬物中毒 (12例), 外傷 (35例) について Mb 染色を行った.

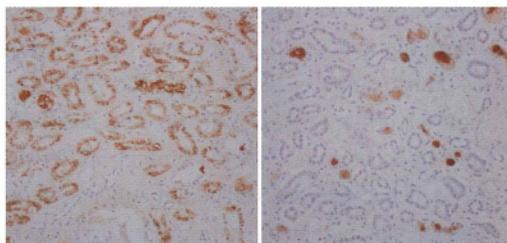


Fig. 1. Myoglobin staining in the kidney. (a) Myoglobin appearance in the epithelium and (b) myoglobin cast formation.

f) 性別および年齢に差がない凍死例 14 例と心疾患 17 例において、解剖時に採取された膀胱内尿量の比較を行った。

生化学検査の内、血液中トロポニン T, ALT, AST, BUN, Cr, CK, CK-MB, の測定は解剖当日あるいは冷蔵保存後、3 日以内に検査会社 (SRL) に外注し、血中および尿中 Mb は移動式免疫発光測定装置 PATHFAST® (株式会社 LSI メディエンス製) により測定した。

多群間比較は Tukey-Kramer 法を用いて検討した。

結 果

1. 各種検査項目において死後変化の影響

() 内の値は平均値 ± S.E. を示している。

a) 血中トロポニン T 値

血中トロポニン T 値は左心血 0.018 ~ 1420.0 (45 例: 75.9 ± 31.9) ng/mL, 右心血 0.104 ~ 1730.0 (101 例: 168.7 ± 34.7) ng/mL および大腿静脈血 0.007 ~ 42.1 (75 例: 21.1 ± 12.7) ng/mL まで変化した。採取部位にかかわらず、死後経過時間と無関

係に非常に高値を示した (Fig. 2a)。臨床的基準値は 0.014ng/mL 以下である。大腿静脈血は左右心血より明らかに低かった。

b) 血中 ALT および AST 値

血中 ALT 値は左心血 6.0 ~ 23040 (60 例: 2560.6 ± 530.3) U/L, 右心血は 58.0 ~ 261600 (112 例: 3983.3 ± 543.6) U/L および大腿静脈血は 30.0 ~ 21390 (96 例: 1923.7 ± 359.4) U/L まで変化した。また AST 値は左心血 51.0 ~ 14200 (60 例: 3002.4 ± 457.8) U/L, 右心血は 52 ~ 37100 (112 例: 4335.4 ± 499.1) U/L および大腿静脈血は 53.0 ~ 26970 (96 例: 2081.7 ± 360.4) U/L まで変化した。ALT 値および AST 値は採取部位にかかわらず、死後経過時間と無関係に非常に高値を示した (Fig. 2 b,c)。臨床的基準値は ALT は 5 ~ 40 単位 U/L, AST は 10 ~ 40U/L である。

c) 血中 BUN 値

BUN 値は左心血 1.8 ~ 137.6 (61 例: 24.8 ± 3.3) mg/dL, 右心血 0.2 ~ 143.6 (111 例: 22.8 ± 2.1) mg/dL および大腿静脈血 1.6 ~ 144.9 (96 例: 23.5 ± 2.3) mg/dL まで変化した。採取部位にかかわら

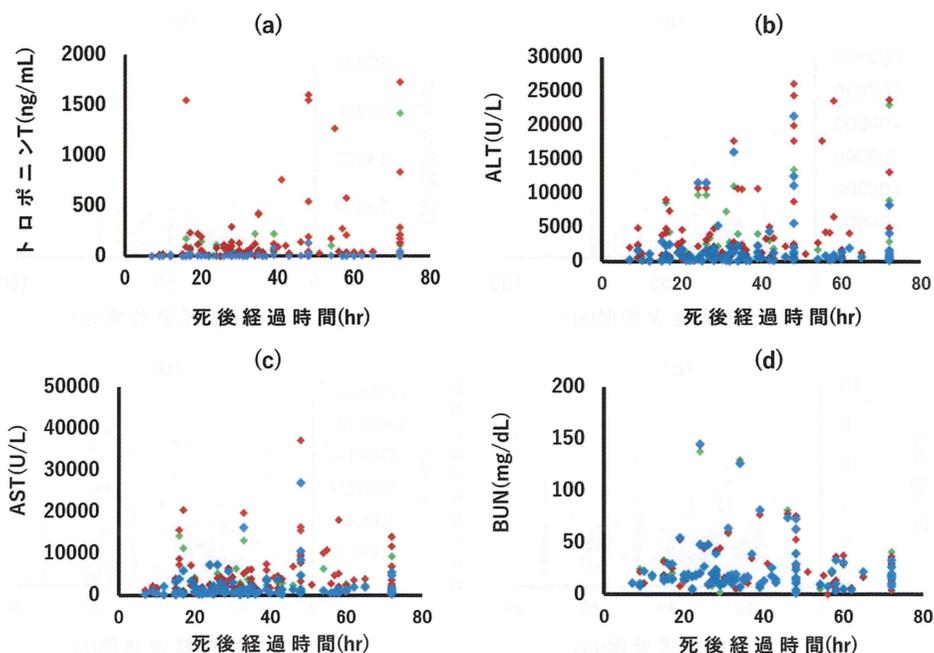


Fig. 2. Relationship between (a) troponin T, (b) alanine aminotransferase (ALT), (c) aspartate aminotransferase (AST), and (d) blood urea nitrogen (BUN) concentrations in blood and elapsed time after death. (◆), (◆) and (◆) represent right cardiac blood, left cardiac blood and the femoral vein, respectively.

ず、死後経過時間とは無関係であった (Fig. 2d) . 臨床的基準値は 8.0 ~ 22.0mg/dL であり、平均値はこの値より少し高いが近似した値を認めた.

d) 血中CK値

CK値は左心血は 473.0 ~ 213000 (60例: 21648.6 ± 4028.2) U/L, 右心血は 874 ~ 280200 (112例: 40347.7 ± 3745.4) U/L および大腿静脈血は 3160 ~ 447300 (96例: 66281.6 ± 9103.6) U/L まで変化した. 採取部位にかかわらず、死後経過時間とは無関係に非常に高値を示した (Fig. 3a) . 臨床的基準値は男性 62 ~ 287U/L, 女性 45 ~ 163U/L である.

e) 血中CK-MB値

CK-MB値は左心血は 58.1 ~ 22180 (46例: 2782.0 ± 557.9) ng/mL, 右心血は 64.0 ~ 24530 (101例: 4248.2 ± 393.8) ng/mL および大腿静脈血は 143.7 ~ 26160 (75例: 2444.2 ± 414.5) ng/mL まで変化した. 採取部位にかかわらず、死後経過時間とは無関係に非常に高値を示した (Fig. 3b) . 臨床的基準値は 5.0ng/mL 以下である.

f) 血中Cr値

Cr値は左心血は 0.32 ~ 4.97 (60例: 1.8 ± 0.1)

mg/dL, 右心血は 0.44 ~ 6.23 (111例: 1.9 ± 0.1) mg/dL および大腿静脈血は 0.74 ~ 5.95 (96例: 2.3 ± 0.1) mg/dL まで変化した. 採取部位にかかわらず、死後経過時間とは無関係であった (Fig. 3c) . 臨床的基準値は男性 0.61 ~ 1.04mg/dL, 女性 0.47 ~ 0.79mg/dL であり、平均値はこの値より少し高いが近似した値を認めた.

g) 血中および尿中Mb値

血中Mb値は左心血は 179.0 ~ 762000 (92例:

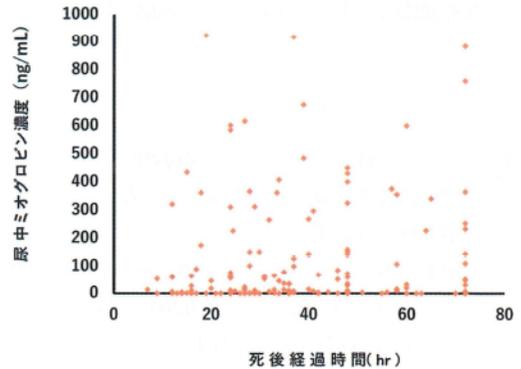


Fig. 4. Relationship between urine myoglobin concentration and elapsed time after death.

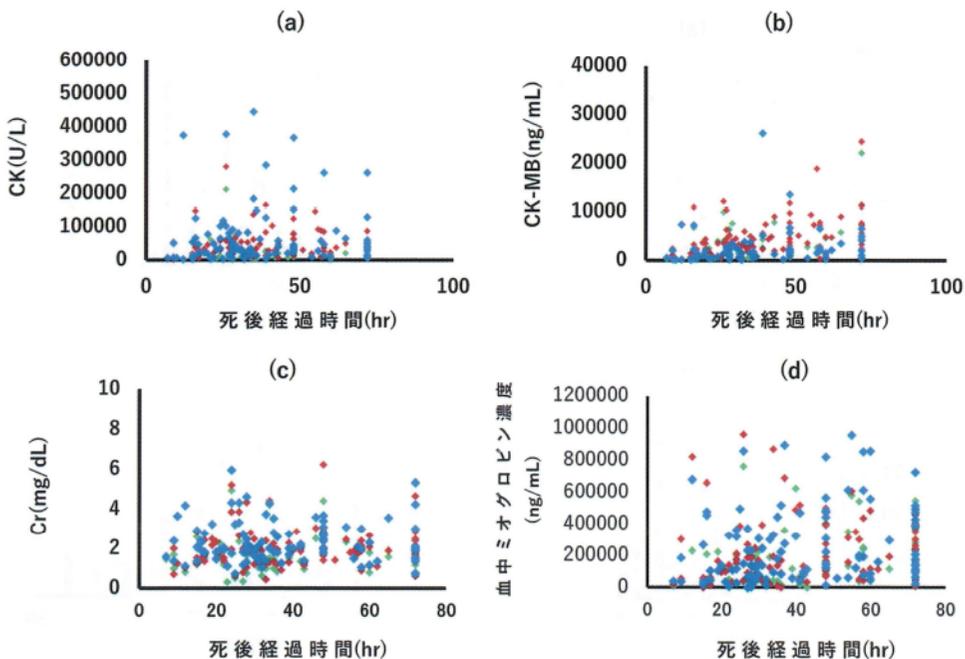


Fig. 3. Relationship between (a) creatine kinase (CK), (b) CK-MB, (c) creatinine (Cr) and (d) myoglobin concentrations in blood and elapsed time after death. (◆), (◆) and (◆) represent right cardiac blood, left cardiac blood and the femoral vein, respectively.

145514.0 ± 15583.0) ng/mL, 右心血は 71.0 ~ 959000 (109 例: 205732 ± 18574.8) ng/mL および大腿静脈血は 260.0 ~ 957000 (110 例: 249543.1 ± 22096.8) ng/mL の範囲で変化した. 採取部位にかかわらず, 死後経過時間と無関係に非常に高値を示した (Fig. 3d). 尿中 Mb は 0 ~ 19100 (183 例: 565.0 ± 163.8) ng/mL まで変化した (Fig. 4). 臨床的基準値は血中では男性 154.9ng/mL 以下, 女性 106.0ng/mL 以下である. 尿中では 10ng/mL 以下である. 血中 Mb および尿中 Mb いずれも死後経過時間とは無関係に高値を示した.

2. BUN 値および Cr 値における右心血, 左心血および大腿静脈血の採取部位間における比較

BUN 値および Cr 値において右心血と左心血, 右心血と大腿静脈血および左心血と大腿静脈血との相関を検討した. BUN 値において右心血と左心血では相関係

数 ($r = 0.967$ ($n=52$)) (Fig. 5a), 右心血と大腿静脈血では $r = 0.954$ ($n=88$) (Fig. 5b), 左心血と大腿静脈血では $r = 0.919$ ($n=52$) (Fig. 5c), Cr 値において右心血と左心血では $r = 0.926$ ($n=55$) (Fig. 6a), 右心血と大腿静脈血では $r = 0.829$ ($n=88$) (Fig. 6b), 左心血と大腿静脈血では $r = 0.814$ ($n=52$) (Fig. 6c) で, BUN 値および Cr 値において, それぞれの採取部位間において非常に良い相関が得られた. BUN 値の平均値は右心血は 22.8 ± 2.1 mg/mL (111 例), 左心血は 24.8 ± 3.3 mg/mL (61 例), 大腿静脈血は 23.5 ± 2.3 mg/mL (96 例) であり, それぞれの間に有意差は認めなかった. また Cr 値の平均値は右心血 1.9 ± 0.1 mg/dL (111 例), 左心血は 1.8 ± 0.1 mg/dL (60 例), 大腿静脈血 (96 例) は 2.3 ± 0.1 mg/dL であり, それぞれの間に有意差は認めなかった.

3. 各死因と BUN 値, Cr 値および BUN/Cr 比との関係

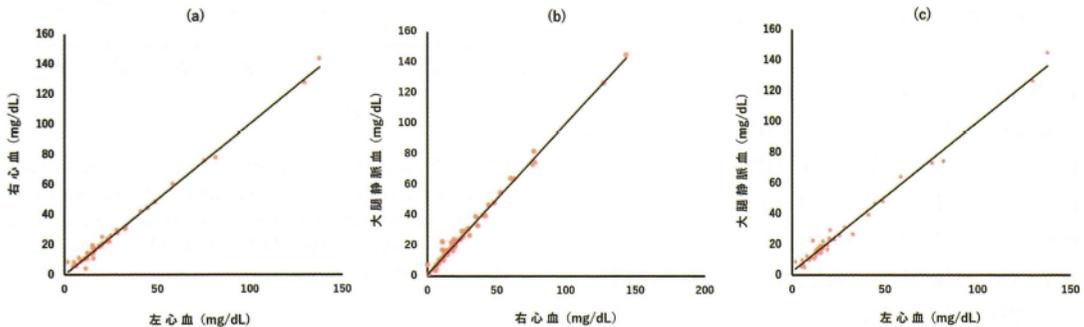


Fig. 5. Correlation between postmortem serum blood urea nitrogen (BUN) level in (a) right and left cardiac blood. Best fit line is $y = 0.9997x + 0.2189$. Correlation coefficient ($r = 0.967$ ($n=52$)), $P < 0.001$; (b) femoral vein and left cardiac blood, $y = 0.9737x + 2.2514$, $r = 0.919$ ($n=52$), $P < 0.001$; and (c) femoral vein and right cardiac blood, $y = 0.9871x + 1.2810$, $r = 0.954$ ($n=88$), $P < 0.001$.

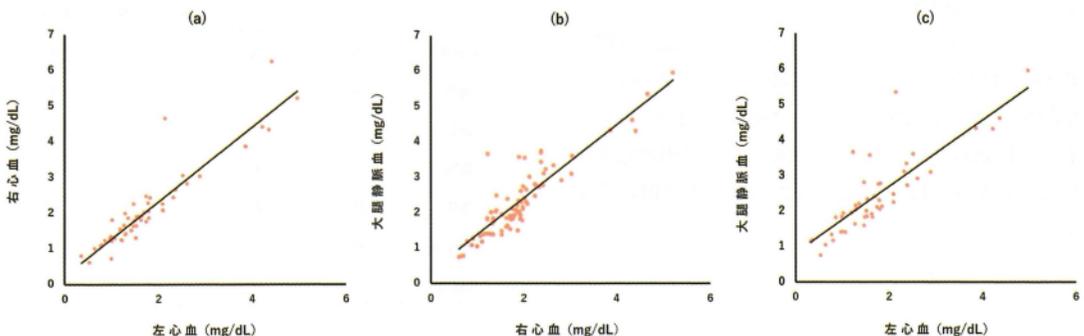


Fig. 6. Correlation between the postmortem serum creatinine (Cr) level in (a) right and left cardiac blood. Best fit line is $y = 1.0446x + 0.2229$. Correlation coefficient ($r = 0.926$ ($n=55$)), $P < 0.001$; (b) femoral vein and left cardiac blood, $y = 0.9379x + 0.8182$, $r = 0.814$ ($n=52$), $P < 0.001$; and (c) femoral vein and right cardiac blood, $y = 1.0355x + 0.3500$, $r = 0.829$ ($n=88$); $P < 0.001$.

BUN 値および Cr 値において採取部位に差は認められなかったことから、解剖時十分な血液量が採取できる右心室において BUN 値、Cr 値および BUN/Cr 比と各死因（心疾患、窒息、出血性ショック、焼死、凍死、溺死、外傷）との関連を検討した。

a) BUN 値と各死因との関係

BUN 値と各死因間において、有意差を検討したところ凍死では 36.0 ± 5.1 mg/dL で他の死因に比べて明らかな高値を示した。凍死以外の死因間においては有意差を認めなかった (Fig. 7a)。

b) Cr 値と各死因との関係

Cr 値と各死因間において、有意差を検討したところ凍死は 1.43 ± 0.20 mg/dL で各死因間に有意差は認めなかった (Fig. 7b)。

c) BUN/Cr 比と各死因との関係

BUN/Cr 比と各死因間において、有意差を検討したところ凍死では 30.3 ± 4.8 で他の死因に比べて明らかに高値を示した。凍死以外の死因間において有意差を認めなかった (Fig. 7c)。

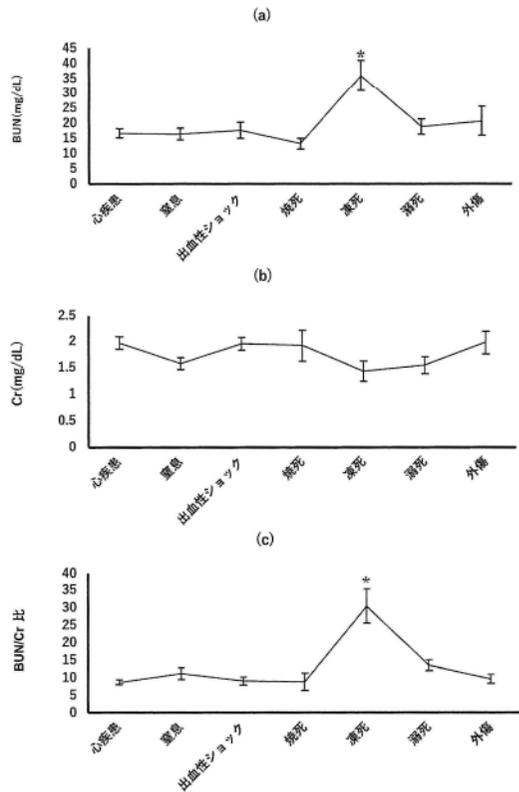


Fig. 7. Comparison of postmortem serum levels of (a) blood urea nitrogen (BUN), (b) creatinine (Cr), and (c) BUN/Cr ratio in right cardiac blood for various causes of death. Significantly different (* $p < 0.01$) from results in other causes of death. Values are means \pm S.E.

4. 各死因と腎臓の Mb 染色の陽性の有無との関係

心疾患 (46 例)、窒息 (13 例)、溺死 (30 例)、焼死 (19 例)、凍死 (20 例)、薬物中毒 (12 例)、外傷 (35 例) について Mb 染色を行った。Table 1. に示すように陽性率が高い順に凍死 (75.0%)、溺死 (56.7%)、薬物中毒 (53.3%)、外傷 (51.4%)、焼死 (47.4%)、心疾患 (34.8%)、窒息 (23.1%) となった。円柱の陽性率が高い順として、窒息 (15.4%)、溺死 (13.3%)、外傷 (5.7%)、心疾患 (8.7%) であり、凍死、薬物中毒、焼死では検出されなかった。

5. 膀胱内尿量と色調

膀胱内尿量は凍死 14 例で 125.8 ± 35.5 ml、心疾患 17 例で 33.1 ± 9.9 ml で有意に凍死例が多かったが、平均年齢は凍死 72.8 ± 5.2 歳、心疾患 72.4 ± 2.5 歳で有意差は認めなかった。膀胱内の尿の色は褐色尿を認めたのは尿中 Mb を測定し得た 183 例中 3 例のみであった。

Table 1. Positive rates of myoglobin staining in the kidney for various causes of death.

死因	例数	陽性例	内訳	
			尿細管上皮	円柱
心疾患	46	16	12	4
溺死	30	17	13	4
窒息	13	3	1	2
焼死	19	9	9	0
凍死	20	15	15	0
薬物中毒	12	4	4	0
外傷死	35	18	16	2

考 察

偶発性低体温症では ALT, AST, LDH, CPK, BUN, Cr, 血中および尿中 Mb などが上昇すると報告されている⁵⁻⁸⁾。今回検査した血液中の生化学検査 8 項目の内トロポニン T, ALT, AST, CK, CK-MB および血中 Mb 値の 6 項目は右心血, 左心血および大腿静脈血の採取部位にかかわらず, 臨床基準値より非常に高値で, 変動幅が大きく, また尿中 Mb も同様に高値であり死因の判定に際して参考にならない結果が得られた。LDH, ALT および AST などの肝機能酵素は逸脱酵素であり, 血中 Mb も骨格筋から死後に血液中に遊離・拡散することから, 肝機能障害や筋細胞崩壊の指標にはならず⁹⁻¹¹⁾, トロポニン T も虚血性心疾患とは無関係に死後高度に上昇するので, 心筋障害のマーカーとして有用でないことが報告されている⁹⁾。今回の結果はこれらの報告と一致している。さらに, 今回の検討では CK や CK-MB も死後変化により高値になることが明らかになった。一方, トロポニン T においては 3ヶ所の採取部位いずれも高値を示したが, 左心血および右心血に比べ, 大腿静脈血は明らかに低値を示した。これは死後に心筋から左右心室腔へ直接トロポニンが遊離するため, 大腿静脈血に比べ高値を呈すると考えられる。しかし, 心筋特異的である CK-MB においてこのような左右心血と大腿静脈血の値に差はなく, トロポニン T との違いは不明である。

BUN 値および Cr 値は死後 72 時間以内ではほとんど死後変化をうけず, 臨床的基準値と近似していた。また左右心血および大腿静脈血の 3ヶ所のそれぞれの部位間で, 非常に良い相関がえられ, 平均値も 3 部位間で有意差はなく, 採取部位により検査値は異なることが明らかになった。Zhu et al^ら^{12,13)} も BUN 値および Cr 値において, 死後 48 時間までは比較的安定であり, 右心血と左心血の間には良い相関があり, 慢性腎不全の判断に有用であると報告している。今回の結果とこれらの報告^{12,13)} と合わせると, BUN 値と Cr 値の測定は死因の判定に有用な検査項目であると判断された。採取部位によって検査値に有意な差はなく, 採取部位間に良い相関が得られたことから, 解剖時に十分な血液量を採取しやすい右心血において, 死因との関連性を検討した。

凍死において BUN 値^{12,13)} や Cr 値¹⁴⁾ の上昇が報告

されているが, 詳細には検討されていない。本研究において Cr 値は凍死と各死因間に有意な差を認めなかったが, BUN 値および BUN/Cr 比は他の死因より明らかに高値を示した。この結果は BUN 値および BUN/Cr 比の測定は凍死の診断に有用な検査になり得ると判断された。BUN および Cr はいずれも腎臓で排泄され, BUN は一部尿細管で再吸収されるが, Cr はほとんど再吸収されない。いずれも腎機能が障害されると上昇する。偶発性低体温症により横紋筋融解症を併発する例が報告^{4,5, 15-17)} され, 横紋筋融解は骨格筋のシバリング⁷⁾ や低体温による横紋筋虚血¹⁷⁾ が原因により生じ, 急性腎障害で死亡する可能性があり, CK, Cr, BUN, 血中および尿中 Mb が上昇する^{18,19)}。したがって凍死例での BUN の上昇は横紋筋融解による可能性がある。そこで腎臓の Mb 染色を行った。尿細管内に円柱あるいは尿細管上皮に Mb が検出される率は, 今回検査した死因中凍死が 75.0% と最も高率に認められたが, 心疾患でも 34.8% に認められ, その他の各死因においても高率に認められた。国吉^ら²⁰⁾ も法医剖検例 141 例中, 47.5% に Mb 染色が陽性で, 外因死だけでなく病死例にも陽性であり, 生前あるいは死戦期の激動や痙攣などが骨格筋の融解につながっているとしている。このことを考慮すると, 凍死において Mb 染色の陽性率が高いのはシバリング⁷⁾ や低体温¹⁷⁾ による横紋筋虚血による骨格筋融解に加え, 低体温症から死亡までの生存時間が長いことも原因になっていると思われる。一方, 円柱として認められる場合の陽性率は窒息死が 15.4% と最も高く凍死, 薬物中毒, 焼死では検出されなかった。Mb は低分子蛋白として糸球体を容易に通過し, 濾過された Mb の一部は尿細管で再吸収され, 円柱は再吸収を越えて Mb が濾過され, 円柱が形成されたとも考えられ, 上皮が染色された例は再吸収された Mb を検出している可能性がある。円柱で閉塞された場合, 尿細管の内圧が上昇し, 腎濾過量の減少につながり, また上皮に検出された Mb 自身が上皮を障害し, 結果的に腎障害につながる²¹⁾。今回, 凍死例では尿細管上皮は 75.0% と高率に陽性を示したが, 円柱の検出例はなかった。このことは, 凍死において横紋筋の融解により生じた Mb は尿細管を閉塞するほどの量は生じていないことが考えられる。凍死では他の死因に比べ, 膀胱内貯留量が多く²²⁾, 本研究でも凍死例では心疾患で死亡した例に比べ, 有

意に膀胱内尿量は多かった。この膀胱内尿量の増加は寒冷暴露により利尿が誘導される寒冷利尿により、膀胱内に尿が充満するとされていることから²³⁾、低体温になって死亡するまでの間、尿量は保たれていると考えられ、重篤な腎障害にはなっていないと判断される。このことから、凍死例において腎Mb染色の陽性所見は高率に認められるものの、病死などにも検出されるため、凍死に特異的な所見とは考えがたく、BUNの上昇は横紋筋融解による腎障害の関与は少ないと思われる。

BUN/Cr比は10前後が正常であり10を越えると腎外性因子の関与の想定をする必要があり、一般的には脱水や心不全等の腎血流量の減少による^{24,25)}。今回、凍死例ではBUN/Cr比の平均値は30.3と高値であった。凍死の場合、体温が低下し、死亡に至る過程で不整脈が生じ²⁴⁾、また組織検査でも心筋の組織間の距離は縮まり、密着し細胞に濃淡が生じ、心筋の変性が認められる²⁶⁾ことから、循環不全により腎血流量が減少し、また急死ではなく生存時間が他の死因より長い場合、BUNが上昇し得るまでの時間が確保されるためではないかと考えられる。また赤坂らの報告例⁶⁾では偶発性低体温症6例中2例は背景に脱水を認め、また寒冷利尿も加わり凍死例では脱水状態になりBUNの上昇の一因になっているものと考えられる。横紋筋融解症ではCr値が高値を示すが、今回の検討では凍死以外の死因においてもMb染色が陽性であったにもかかわらず、Cr値は上昇していなかった。この理由は明らかではないが、初期の骨格筋障害ではCrより時間的に早くMbが血液に遊離するためかもしれない。あるいは挫減症候群や熱中症などにみられる骨格筋障害による横紋筋融解と、死戦期にみられる痙攣等による横紋筋融解とは病態が異なる可能性がある。さらに黒川ら²⁷⁾による横紋筋融解症の臨床的検討では、70歳以上の症例ではCr値が2.0mg/dL以上を示した例はなく、高齢者ではCr値の上昇が認められなかったとしている。実際、本研究における凍死例の平均年齢は72.8 ± 5.2歳であった。またMb尿は0.5 ~ 1.0 mg/ml以上の濃度となると肉眼的に赤褐色尿として認識されるが²⁸⁾、今回の症例では死因にかかわらず、Mb尿の値は非常に高値であったにもかかわらず褐色尿は3例しか認められなかった。剖検時での尿中Mbの高値は死後、膀胱壁からの遊離によると報告²⁹⁾されている

ことから考えると、挫減症候群など生前の骨格筋障害により糸球体を濾過してきたMbと死後膀胱壁から遊離したMbの由来の違いによることが考えられるが、今後の検討課題である。

結 論

死後血の生化学検査においてBUN値およびCr値は、死後経過時間が72時間以内では死後変化の影響を認めず、臨床的基準値に近似し、死因の判断に有用な検査項目であると判断された。他の死因と比べて凍死ではBUN値およびBUN/Cr比は高値であり、補助診断としての価値が高く、BUN値の高値は横紋筋融解による腎不全というより低体温症になってから死亡までの経過における脱水や腎血流量の減少など腎外性因子が関与していると考えられた。

文 献

- 1) 井上愛理・田村修平・古橋侑輔・工藤利彩・勇井克也・粕田承吾・羽竹勝彦. 凍死の診断における血中および尿中のアセトン検出の有用性. 奈良医誌. 69: 1-8, 2018.
- 2) 寒川昌彦・秋山真樹・小山雄士・浅野誉久・安田廣太郎・神山憲王・末網竜士・田中淳二・河原洋介・鼠尾祥三・沢山俊民・藤井千穂・小濱啓次・加藤武彦・谷口真・田辺 潤. 偶発性低体温症の心電図の検討. Ther. Res. 20: 15-18, 1999.
- 3) 高橋朋子・小関一英・今明秀・土佐亮一・布施明・紙尾均・萩原栄一郎・山崎亮一・渥美生弘. 偶発性低体温症例の検討. Ther. Res. 23: 49-51, 2002.
- 4) 竹野歩・木島庸貴・永見太一・小池尚史・堀田優希江・田中孝明・沖本民生・小谷暢啓・仁科雅良. 室内で発症した高齢者の偶発性高度低体温症の1例. 島根医学. 34: 32-36, 2014.
- 5) 水野樹・杉本清治・市川徳和・板寺英一・町田健一・佐久川亮. 偶発性低体温症の1球膜例—持続的血液濾過透析(CHDF)の有効性—. ICUとCCU. 26: 53-60, 2002.
- 6) 赤坂威史・城嘉孝・増田和之・橋口清明・満瀬哲郎・黒坂夏美・尾方信也・佐藤俊秀. 高齢者の偶発性低体温症の6症例. ICUとCCU. 31: 381-385, 2007.

- 7) 上小牧憲寛. 徐脈のため循環器内科に紹介された偶発性低体温症の一例. 登山医学, **31**: 177-182, 2011.
- 8) 叶多知子・檜高育宏・三木智章・河内正治. 低体温を合併した横紋筋融解症の1例. ICUとCCU, **27**: 945-950, 2003.
- 9) 上村公一. 死後血の血液検査の妥当性 - 生化学検査を中心として. 医学のあゆみ, **234**: 223-226, 2010.
- 10) 前田均・石川隆紀・道上知美. 法医病理診断における生化学検査の意義. 法医病理, **18**: 73-88, 2012.
- 11) 河合貴久. 法医剖検例における心筋 Mb の動向. 慈恵医大誌, **103**: 509-522, 1988.
- 12) Zhu, BL, Ishikawa, T, Michiue, T, Li, DR, Zhao, D.Z, Quan, L and Maeda, H. Evaluation of post-mortem urea nitrogen, creatinine and uric acid levels in pericardial fluid in forensic autopsy. Legal Med., **7**: 287-292, 2005.
- 13) Zhu, BL, Ishida, K, Quan, L, Taniguchi, M, Oritani, S, Li, DR, Fujita, M.Q. and Maeda, H. Post-mortem serum uric acid and creatinine levels in relation to the causes of death. Forensic. Sci. Int., **125**: 59-66, 2002.
- 14) Maeda, H, Zhu, BL, Bessho, Y, Ishikawa, T, Quan, L, Michiue, T, Zhao, D, Li, DR. and Komatsu, A. Postmortem serum nitrogen compounds and C-reactive protein levels with special regard to investigation of fatal hyperthermia. Forensic. Sci. Med. Pathol., **4**: 175-180, 2008.
- 15) 杜劉嗣・瀬野匡巳・人塚正樹・小出昌伸・坂本丞・阿部廣己・松尾武文. 偶発性低体温より横紋筋融解症を併発した3症例. 日老医誌, **37**: 428, 2000.
- 16) 志賀健人・長尾乃婦子・木村邦之. 心室細動, 横紋筋融解症. DIC を合併した高度低体温症の1救命例. 蘇生, **18**: 248, 1999.
- 17) 壇上渉・山本浩貴・其田一. 横紋筋融解症を合併した偶発性低体温症の1症例. 蘇生, **18**: 249, 1999.
- 18) 花房規男. 横紋筋融解症. 腎と透析, **76**: 617-625, 2014.
- 19) 花井順一. 横紋筋融解症—その成因と治療— 総合診療, **45**: 1661-1662, 1996.
- 20) 国吉 昇. 法医剖検例における腎の Mb 染色の意義. 慈恵医大誌, **106**: 597-606, 1991.
- 21) Jaenike, JR. Micropuncture study of methemoglobin-induced acute renal failure in the rat. J. Lab. Clin. Med., **73**: 459-468, 1969.
- 22) 石本沙樹・田中直子・内山勇・高倉彩華・モストファ・ジャーマル・伊藤明日香・組橋充・宮武伸行・筒井邦彦・木村正司・飴野清・木下博之. 寒冷による死亡では剖検時尿貯留量が他の死因に比べ有意に多い. 法医病理, **22**: 21-24, 2016.
- 23) 三上晴夫. 南極における寒冷利尿の研究. 日本気象会誌, **34**: 121-129, 1997.
- 24) 有岡宏子. 高度の脱水に隠れた消化管出血の症例. 医事新報, No.4692: 39-41, 2014.
- 25) 和田幸寛・木村聡. 尿素窒素が高い. 臨床プラクティス, **6**: 28-35, 2009.
- 26) 古川智之・森田沙斗武・西克治. 低体温の組織所見. 内科, **113**: 362, 2014.
- 27) 黒川淳一・嘉村正徳・小久保佳明・丸山貴子・松居和美・木村美香・中村憲昭・河瀬晴彦・林慎・山北由. 横紋筋融解症の臨床的検討—予後予測を中心に—. 岐阜医誌, **13**: 69-74, 2000.
- 28) 高木康. ミオグロビン. 治療, **79**: 197, 1997.
- 29) Zhu, BL, Ishida, K, Ouon, L, Taniguchi, M, Oritani, S, Kamikodai, Y, Fujita, MQ. and Maeda, H. Post-mortem urinary myoglobin levels with reference to the causes of death. Forensic. Sci. Int., **115**: 183-188, 2001.