

筑波大学

博士(医学)学位論文

高齢者の脱水に対する低侵襲検出法の検討
(A study of minimally invasive detection method
for dehydration of the elderly)

2018

筑波大学

小山 美雪

目次

第1章 背景および目的.....	4
1-1 脱水について	5
1-2 高齢者の脱水について	7
1-3 脱水の診断－身体所見及びその他の指標の操作特性.....	12
1-4 脱水の診断－血液指標、尿の指標の操作特性	18
1-5 これまでの脱水の身体所見に関する研究の限界	21
1-6 腋窩水分度の測定	22
1-7 本研究の目的と意義.....	24
第2章 方法.....	25
2-1 対象者	26
2-2 診療録調査.....	26
2-3 血液検査	26
2-4 尿検査	27
2-5 身体所見	27

2-6 腋窩水分度の測定	28
2-7 統計解析	29
2-8 倫理的事項.....	30
 第3章 結果	 31
3-1 対象者	32
3-2 測定フロー	32
3-3 脱水群と非脱水群の血液検査、尿検査の比較	32
3-4 高齢者の脱水における各身体所見の操作特性の検討	33
3-5 高齢者の脱水における腋窩水分度の操作特性の検討	34
 第4章 考察	 35
4-1 対象者の背景.....	36
4-2 高齢者の脱水における各身体所見の操作特性に関する検討	37
4-3 高齢者の脱水における腋窩水分度の操作特性に関する検討	38
4-4 本研究の限界と今後の展望	41

4-5 結論.....	43
第 5 章 謝辞.....	44
第 6 章 参考文献.....	46
第 7 章 図表.....	56

第 1 章

背景および目的

第 1 章 背景および目的

1-1 脱水について

成人の体重の 60%は水分であり、体重の 40%に相当する細胞内液と 20%に相当する細胞外液から構成されている¹。体内の組織や臓器によっても水分の含有量は異なり、脂肪組織や骨は、含有量が約 20%と少なく、血液や腎臓、筋肉は、約 80%と多い。このいずれかの領域から水分が減少する状態を脱水症と呼び、身体の様々な機能に影響を及ぼす。

体内の総水分量は、水のイン・アウトバランスにより規定される。インプットとしては、経口摂取された水分および代謝水が挙げられ、アウトプットとしては、呼吸、発汗などの不感蒸泄、便、尿中の水分が挙げられる。代謝水は、10mL/kg/日の定数と考えてよい²、事実上、インプットでは、口渇感により発生した飲水行動の結果としての飲水量により調節される。また、アウトプットとしては、腎臓での尿排泄量を調節することにより保たれている³。

この水のイン・アウトバランスは、体液浸透圧の変化をセンシングすることによる浸透圧調節系と、体内のナトリウム量を調節し、ナトリウムバランスを調節することにより体液量を調節する容量調節系の二つの調節系により調節される⁴。視床下部の浸透圧受容体は、血漿浸透圧の数%に相当するわずかな変化を感知する。水の相対的欠乏、すなわち高ナトリウム血症は、浸透圧の増加として、視床下部にある浸透圧受容体に感知される。浸透圧の上昇は、視床下部の口渇中枢を刺激すると共に、抗利尿ホルモンすなわち arginine vasopressin (AVP)の分泌を促進する。腎臓は、血中の AVP 濃度のわずかな変化で尿の浸透圧を変化させる。この機構に

より血漿浸透圧は、常に一定に保つ様に働く³。一方、容量調節系では、循環血液量の減少によって圧受容体の感受性が低下し、レニン・アンジオテンシン・アルドステロン系を活性化する。これにより、腎臓におけるナトリウムや水の再吸収が増加するだけでなく、心房の容量が変化し、圧を調節する(Fig. 1)^{4,5}。

しかし、これらの調節機構の制御を超える体液が減少した時、脱水症を発症する。体液量の減少には、体内の水分が多く失われる状態と水分よりナトリウムが多く失われる状態があるが、多くの場合は、この2つの病態を区別せずに脱水症として論じられている⁶。臨床的にはこれらの病態は血漿中のナトリウム濃度で分類され、高張性脱水、低張性脱水、等張性脱水と定義される。

高張性脱水は、電解質より、水分の方が多く失われる状態で、水分欠乏に伴う症状が主である。血漿浸透圧が上昇した結果、細胞内から水が移動し、細胞外液の欠乏を補うため、末梢循環不全の症状が出現しにくい。しかし、高度な細胞内脱水となるため、他の脱水症と比較して、口渇が強い²。口渇の他、尿量及び発汗の減少、体温の上昇などを呈し、めまい、立ちくらみ等を呈する。重症になると、脳血流が低下し、頭痛、悪心、興奮、見当識障害、昏睡状態などを呈する。全身の臓器血流も減少するため、腎不全、心不全および肝不全などを引き起こし、ショック状態となる。経口摂取や飲水の不足が原因であり、ゆっくり進行するタイプの脱水である。

等張性脱水は、電解質と水分が同等に失われ、血漿浸透圧に変化が無い状態である。細

胞内から細胞外への水の移動が起こらないため、循環血液量の減少による血圧低下が顕著に見られる²。頻脈、血圧低下、尿量減少、意識障害などを呈する。

低張性脱水では、電解質の欠乏が水分の欠乏より多い状態であり、細胞外液の浸透圧が低下する。その結果、細胞内に水が移行し、細胞外液量がさらに減少するため、血圧低下、顔面蒼白、四肢冷感などの末梢循環不全を起こしやすい²。口渇はほとんど認められず、神経や筋肉への異常として症状が現れる。筋力の低下及び手足のしびれ、倦怠感、脱力感、頭痛を呈す。心臓の動きにも電解質が必要であるため、重症になると不整脈や心不全、傾眠、痙攣、昏睡状態を呈する重篤な脱水症である。嘔吐や下痢など急に発生する体液喪失が主な原因となる。

1-2 高齢者の脱水について

高齢者では、加齢による身体機能の変化により、非常に脱水を発症しやすい状態にあると言える^{7,8}。まず、体内で最も水分保持力が高い筋肉の量が加齢に伴い減少する⁹。また、口渇中枢の感受性が減衰するため、体液が減少し、血漿浸透圧が上昇しても、水分を摂取するタイミングが遅くなる。そして、腎臓における尿の濃縮能力が低下することから、十分に濃縮されないまま水分の多い尿を排出してしまう。このことから、乳幼児で体重の70～80%あった体液量は、成人で体重の60%、高齢者では、体重の50%に低下する¹⁰。さらに、成人では、細胞内液が体重の40%、細胞外液が体重の20%であるのに対して、高齢者は、細胞内液が体重の30%、

細胞外液が体重の 20%と細胞内液の割合が低下する。

高齢者の脱水症は、体内の水分量の減少が、ナトリウムの減少よりも多くなる高張性脱水が多いと言われている¹¹。成人では、脱水症により細胞外液を喪失しても、すぐに細胞内液から体液が移動して細胞外液を補正するが、高齢者では、もともと持っている体液量が少ないため、細胞内から細胞外に移動できる水分の量が少ない。そのため、高齢者が脱水症を発症すると、細胞内、すなわち組織へのダメージが大きくなると言える¹⁰。加えて、利尿剤など基礎疾患に起因した薬物療法の影響により、脱水症リスクは、さらに高まる。

また、高齢者は、成人に比べて脱水時の自覚症状が現れにくく、特に認知機能の低下や ADL (Active of daily living) の低下などから、脱水に陥っても自力で飲水行動を起こすことが困難な患者も多い。加えて、夜間の排尿の負担軽減やむくみに対する危惧から意図的に水分摂取を制限する患者もいる。この様に、高齢者は生理学的にも、行動学的にも容易に脱水を起こしやすい環境になっている。

その結果、自覚症状が無いまま、高齢者が脱水に陥っている例が少なからず発生しており、その頻度について、これまで繰り返し調査が行われている。

まず、谷口らは、介護老人福祉施設の 65 歳以上の入居者及び通所者 391 名を対象とした研究で、89 名 (22.4%) が血漿浸透圧 292 mmOsm/kg・H₂O 以上の脱水状態であったと報告している¹²。

また、武久らは、慢性期病院 13 病院に入院した 65 歳以上の患者 1921 名について、脱水

の有無を検証した¹³。その結果、血中尿素窒素(BUN)濃度>25mg/dL、かつ BUN/クレアチニン(CRE)>25 を血管内脱水の定義とした場合、入院時採血で血管内脱水と判断された患者は、375 例(19.5%)であることが示された。

海外においては、Stookey が在宅高齢者の脱水症の発生状況について報告している¹⁴。米国の 70~90 歳の在宅高齢者 15,000 人に対する調査の結果、その 40%は血漿浸透圧が 295mmol/L より高く、300mmol/L 以下の impending dehydration(切迫型脱水症)を発症しており、28%は血漿浸透圧が 300mmol/L より高い current dehydration(進行型脱水症)であった。

先行研究の結果より、介護老人施設の入居者、通所者、慢性期病院への入院患者、海外の在宅高齢者のセッティングにおいて、高齢者の約 2 割に脱水が見られ、高齢者は脱水リスクに晒されていることが示唆されている。

高齢者は、様々な基礎疾患や加齢による運動機能の低下により、脱水を発症すると、それによる大きな弊害を被る¹⁵。脱水症の合併症として、以下の項目がある¹⁰。

- 1) 低血圧により脳血流が減少し、めまいやふらつきを生じる。その結果、転倒や骨折などが発生する。
- 2) 脳血流の減少や電解質異常の影響により、認知機能障害、行動障害、せん妄が起こる。
- 3) 消化管への血流が減少し、消化機能の低下が起こり、食欲不振、消化不良、便秘などを呈する。
- 4) 尿量が減ることで、尿がうっ滞する。このため、膀胱炎、腎盂腎炎などの尿路感染症、尿

管結石、腎結石、膀胱結石、腎不全などが起きる。

- 5) 皮膚が乾燥することでバリア機能が低下し、感染や褥瘡を起こす。
- 6) 口腔粘膜が乾燥することで、口腔内細菌叢が乱れ、雑菌の増加、口臭を発生させる。
- 7) 気管粘膜や肺粘膜が乾燥することで、バリア機能が低下する。その結果、肺炎、気管支炎の罹患が増える。
- 8) 血液の粘稠度が増加して脳卒中、心疾患(狭心症、心筋梗塞)が増加する。
- 9) 急激な脱水症の発症により、腎不全、心不全、肝不全などの臓器不全が起きる。進行すると、多臓器不全、敗血症、播種性血管内凝固症候群を呈して死に至る。
- 10) 痛みの閾値を低下させる。少し触れただけでも痛みを感じたり、普段の痛みが増加する。

脱水は、時に死亡リスクに繋がることもある。Frangeskouらは、脱水は、死亡を予測する判断材料の一つであると述べており、高ナトリウム血症の患者の死亡率は、40%以上であると述べている¹⁶。また、Wakefieldらは、脱水による退院後死亡率は、脳梗塞の患者より2倍以上高いと述べている¹⁷。

さらに、高齢者が脱水を発症すると、様々な合併症を引き起こし、入院を伴う治療が必要となるため、経済的損失が大きくなる。これまでの報告では、米国の2つの病院において、脱水は、入院の原因疾患のそれぞれ0.65%及び2.25%に相当したと報告されている¹⁸。そして、脱水による経済的負担について、これまでにいくつかの試算が行われている。

Warren らは、1991 年に体液減少に相当する ICD-9-CM (International Classification of Diseases 9th Revision Clinical Modification) の保険請求が行われた症例について医療費の総額を算出した¹⁸。その結果、脱水を伴う患者の総医療費は、4 億 4,600 万ドルに上ることが明らかになった。また、脱水を伴う疾患の入院費は、中央値で 2,942 ドルになることが示された。2004 年には、Xiao らが Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ) の Nationwide Inpatient Sample (NIS) データより ICD-9-CM の保険請求が行われた患者 79,689 名について調査している¹⁹。65 歳以上の生存退院した患者 39,812 名のうち、脱水に特化した治療を行った 2,969 名の治療費について調査したところ、脱水に伴う平均入院期間は、4.6 日であり、平均入院総額は、7,442 ドル (中央値 5,437 ドル)、1 日あたりの平均入院費は、1,628 ドルに上ると報告している。さらに 2014 年には、Pash らが脱水と非脱水の患者の入院総額、入院期間、死亡率について報告している²⁰。それによると、ICD-9-CM の 18 歳以上の患者のうち、脱水の患者は、86,398 名、非脱水の患者は、4,121,119 名であった。入院総額は、脱水群で 33,945 ドル、非脱水群で 22,380 ドルと脱水群の方が有意に高く、入院期間は、脱水群 12.9 日、非脱水群 8.2 日と脱水群の方が、有意に長かった。さらに、死亡率についても脱水群 8.6%、非脱水群 7.8%と脱水群の方が有意に高かった。

この様に、高齢者の脱水は、様々な合併症を引き起こす原因になるだけでなく、死亡率も高く、また経済的損失が大きいことから、早期発見により早期に改善すべき病態であると言える²¹。

そこで、脱水の発症を予測するリスクファクターとして、様々な項目が挙げられている^{5, 22, 23}

(Table 1)。年齢については、文献により 70 歳以上²²、85 歳以上²³と基準は様々であるが、加齢と共に水分量が低下するため、リスクファクターの 1 つであると考えられる。また、女性は筋肉量が少ないため、女性もリスクファクターの一つと考えられる^{22, 23}。利尿剤や多剤投与など薬剤に関するもの^{5, 22, 23}、糖尿病や複数の慢性疾患などの疾患もリスクファクターとして挙げられている^{22, 23}。そして、急性の脱水のリスクファクターとして、下痢、嘔吐、発熱などが挙げられている^{22, 23}。

さらに、飲水行動に対するリスクファクターとして、抑うつや認知症^{5, 22, 23}、発語困難などの飲水へのアクセスの課題と嚥下障害や口腔ケア不足などの飲水自体の課題が挙げられている²²。この様に脱水のリスクファクターが整理され、発表されているにもかかわらず、高齢者の脱水は日常的に在宅や介護施設でも発生しており、死に至る患者も少なくない。その為、脱水を早期発見することは、高齢者の予後を改善するだけでなく、医療費削減の観点からも非常に重要である。

1-3 脱水の診断－身体所見及びその他の指標の操作特性

脱水の診断は、通常、病歴や全身状態、身体所見の有無、血液検査や尿検査の結果を総合的に判断して行われている。

現在、報告されている脱水の身体所見を Table 2 に示す²⁴⁻²⁷。また、その他の指標も併せて示す²⁸。脱水の身体所見には、口腔粘膜の乾燥や舌表面の縦走する皺の有無、皮膚のツ

ルゴールの低下、腋窩の乾燥、毛細血管血流回復時間 (Capillary Refill Time: CRT) の延長、眼窩のくぼみ、皮膚の色などがある。身体所見の観察は特殊な機器を使用することなく実施可能であるため、在宅や介護の現場で実施し、医療従事者でなくても脱水の発生を判断できれば非常に有用である。以下にこれらの身体所見について述べる。

1-3-1. 口腔乾燥及び舌表面の縦走する皺の有無

口腔内粘膜や舌の湿潤は、唾液の分泌によって維持される。唾液は、腺房部細胞で作られ、導管部を通りながら、導管部細胞により成分の修飾がなされ、口腔内に分泌される²⁹。唾液腺からの唾液分泌は、自律神経の二重支配により調節されている。副交感神経が優位に働くと、水分が多く分泌される。一方、交感神経が優位に働くとタンパク質成分が多く分泌される。

副交感神経の興奮によりアセチルコリンが分泌され、アセチルコリンが腺房細胞の受容体に結合すると血漿中の水分が唾液として分泌される。腺房細胞内の Ca^{2+} イオンが、K チャネルを開くことにより、 $\text{Na}^+/\text{K}^+/2\text{Cl}^-$ 共輸送体が活性化され、細胞外 Na^+ イオンが細胞内に取り込まれる。

この浸透圧の変化により、血漿中の水分が細胞内に移動し、唾液として分泌される水分となる。

その一方で、腺房細胞では、 Cl^- イオンチャネルが開き、細胞内の Cl^- イオンが細胞外に流出する。これにより、細胞外に血漿中の Na^+ イオンが引き寄せられ、細胞外の浸透圧が上昇する。

この浸透圧の差により、細胞内の水分が唾液として、細胞外に分泌される。この様に唾液中の水分は、血漿中の水分が元になっている。このことから、血管内の水分が失われる細胞外脱

水では、高度な口腔乾燥や舌の乾燥が観察される³⁰。

これらの身体所見の観察は、食事や飲水のタイミング、服用している薬剤の種類、シェーグレン症候群などの疾患、口呼吸、不安などの感情に影響を受けるため、実施には、注意が必要である³¹。

なお、脱水の身体所見としての口腔乾燥は、Emergency departmentを受診した61歳から98歳の55名の患者(男性20名、女性35名)のうち、 $\text{Na} > 145 \text{mEq/L}$ 、 $\text{BUN} / \text{CRE} > 15$ 、 $\text{Osmolality} > 300 \text{mOsm}$ のいずれかを示す患者で身体所見の有無を観察したところ、感度85%、特異度58%、陽性尤度比2.0(95%信頼区間1.0-4.0)であったと報告されている^{6, 31}。

1-3-2. 皮膚ツルゴールの低下、眼窩のくぼみ

皮膚ツルゴールの低下とは、前胸部や前腕伸部、大腿伸部の皮膚をつまみ上げた後に、皮膚が正常の位置に戻るのが遅いことを意味する^{32, 33}。これは、皮膚の真皮に存在し、皮膚の弾力性を維持する繊維状タンパク質、エラスチンの機能に関連する³⁴。エラスチンは、コラーゲン繊維同士を結びつける役割を持っており、十分な水分が存在する時は、ゴムの様に強い弾力性を持っているが、水分含量が低下するとガラスの様に弾力性を失う性質を持っている³⁵。湿重量が3.4%減少すると、反跳時間が40倍も長くなると言われている³³。そのため、細胞内脱水で、間質に水分が十分に移動できない時は、エラスチンの周囲の水分が減少し、皮膚をつまみ上げた後に、正常の位置に戻るまでの時間が延長する。皮膚に戻るまでの時間が2秒以上

の時、低張性脱水の可能性があるとされている³⁰。

皮膚ツルゴールの低下は、低栄養や肥満、浮腫などに影響を受けるため、観察には注意が必要である。

なお、脱水の身体所見としての皮膚ツルゴールの低下は、70 歳以上の 267 名の施設在住高齢者(男性 77 名、女性 190 名)のうち、Osmolality>295mOsm を示す高齢者で身体所見の有無を検討したところ、陽性尤度比 2.3(95%信頼区間 1.3-4.0)であったと報告されている³⁶。

また、眼窩のくぼみについては、眼窩周辺の組織におけるエラスチンの水分含量が低下することによるものと考えられている⁶。眼窩のくぼみによる脱水の判定は、Emergency department を受診した 61 歳から 98 歳の 55 名の患者(男性 20 名、女性 35 名)のうち、Na>145mEq/L、BUN／CRE>15、Osmolality>300mOsm のいずれかを示す患者で身体所見の有無を検討したところ、感度 62%、特異度 82%、陽性尤度比 3.4(95%信頼区間 1.0-12)であったと報告されている^{6, 31}。

1-3-3. 毛細血管再充満時間(Capillary refill time: CRT)

毛細血管再充満時間は、患者の手を心臓の高さに保った状態で、手指の爪を爪床が白くなるまで圧迫し、圧迫を解除してから毛細血管血流が回復し、爪床がピンク色に戻るまでの時間を示す³⁷。脱水を発症すると、この時間が延長するとされている。これは、循環血液量の低下により、血管が細くなり、血流が低下する現象を示している。血管の変化については、皮膚ツ

ルゴールの低下と同様に、血管周囲のエラスチンが含有する水分量の低下により、血管の弾力性が失われることに由来している³⁵。

Schriger らは³⁸、100 名の小児、104 名の成人、100 名の高齢者の CRT を測定した。小児、成人、高齢者の中央値は、それぞれ、0.8 秒、1.2 秒、1.5 秒と高齢になるほど、延長することが示された。また、成人の人差し指、中指、薬指で CRT を測定したところ、どの指でも同等の結果が得られることが示された。繰り返し実施しても値に違いは見られなかった。男女の CRT の中央値に違いは見られなかったが、成人 20 名の CRT を 14℃と 20℃の環境で測定したところ、それぞれ 2.9 秒と 1.3 秒と低温の方が、有意に CRT が延長することが示された。CRT の基準は、文献により様々であるが、Schriger らは、成人男性は、2.0 秒、成人女性は 3.0 秒、高齢者は 4.0 秒と報告している。

脱水の身体所見としての毛細血管再充満時間の延長は、Emergency department を受診した 61 歳から 98 歳の 55 名の患者(男性 20 名、女性 35 名)のうち、 $\text{Na} > 145 \text{mEq/L}$ 、 $\text{BUN} / \text{CRE} > 15$ 、 $\text{Osmolality} > 300 \text{mOsm}$ のいずれかを示す患者で身体所見の有無を検討したところ、感度 34%、特異度 95%、陽性尤度比 6.9 (95%信頼区間 3.2-15)であったと報告されている^{6, 38}。

1-3-4. 腋窩の乾燥

腋窩は、汗腺が多く集まっているため、他の部位より発汗量が多く、また、体幹と腕に挟まれた構造により、汗が蒸散しにくい。従って、通常、腋窩は湿潤環境にあり、腋窩の湿潤状態は、

発汗の量に依存する^{39, 40}。高齢者は、発汗反応の体内温閾値の上昇、活動汗腺数の減少、発汗を支配する交感神経活動性の低下、汗腺の機能低下などにより、発汗が減少する⁴¹。また、加齢に伴う皮膚血管拡張機能の低下が、汗腺への酸素供給を制約し、それが汗腺を委縮させ、汗腺の不活動化に結び付くとも言われている⁴²。

汗腺は皮膚組織に存在する球状の分泌部と、分泌部と皮膚表面を結ぶ導管部よりなる。汗の分泌機序としては、まず、交感神経から放出されたアセチルコリンが分泌部の腺細胞の受容体に結合すると、細胞外の管腔部に Na^+ が能動輸送される。その結果、細胞内と管腔部に浸透圧勾配が発生し、それに基づいて血漿から管腔部に水分が移行する⁴³。この水分が汗の原液となる。従って、汗の水分は、血漿由来であり、体液量減少により発汗が減少し、腋窩が乾燥すると考えられている⁶。

しかし、発汗は、食事や周囲の温度、感情などに左右されるため、観察するタイミングには注意を要する。

脱水の身体所見としての腋窩の乾燥は、70 歳から 98 歳の入院患者 86 名の患者（男性 38 名、女性 62 名）のうち、Osmolality > 295mOsm を示す患者で身体所見の有無を検討したところ、感度 50%、特異度 82%、陽性尤度比 2.8 (95%信頼区間 1.4-5.4) であったと報告されている

^{6, 25}。

1-3-5. その他の指標

バイオインピーダンス法は、生体内に微弱な電流を流して、筋肉や脂肪内の電気抵抗（インピーダンス）から体水分量、除脂肪量、体脂肪量を推定する方法である^{44, 45}。50kHz より低い周波数で電気を流した場合に細胞外水分量を測定でき、200kHz 以上の周波数で電気を流した場合に全身の体水分量を測定でき、その差から細胞内水分量を算出する⁴⁶。装置を用いて体水分量を直接測定できることから、しばしば体水分量の変化の検出に使用される。この際に測定される抵抗値は、水分を含まない脂肪の割合が多くなると高くなり、水分を多く含む筋肉の割合が多くなると低くなることが明らかになっている⁴⁷。

バイオインピーダンス法による脱水の検出は、Allison らによって、50kHz の電流を流した時の抵抗値が 550k Ω より大きい時、脱水を反映するとの報告がある²⁸。

また、唾液の浸透圧は、体液量が減少した時に上昇する。体液量が減少した時、唾液中の水分が減少し、それに伴って唾液の浸透圧が上昇する状態を示している⁴⁸。

1-4 脱水の診断-血液指標、尿の指標の操作特性

脱水の診断に用いられている血液検査、尿検査の指標を Table 3 に示す⁴⁹⁻⁵²。脱水の最終的な診断は、血液検査に基づいて行われている。

BUN/CRE、血清ナトリウム(Na)濃度、血漿浸透圧、総タンパク質(TP)濃度、血清尿酸濃度(UA)、赤血球数(RBC)、ヘマトクリット値(Hct)、尿浸透圧、尿pH、尿カリウム(K)濃度、唾液

の浸透圧など、多くの指標が示されている。脱水を発症している患者によっては、循環容量減少が認められることから、循環血液量の減少の指標として用いられている BUN／CRE は、脱水の指標として頻繁に使用されている。また、総タンパク質(TP)濃度、血清尿酸濃度(UA)、赤血球数(RBC)、ヘマトクリット値(Hct)の上昇や血漿浸透圧の上昇は、血漿量の減少を表す指標として用いられている。中でも血漿浸透圧の上昇は、頻繁に使用されている。さらに、尿浸透圧、尿pH、尿カリウム(K)濃度は、脱水による尿量減少により、尿中の濃度が相対的に上昇する状態を示している。そして、その時の血清ナトリウム(Na)濃度により、高張性脱水か等張性脱水か、低張性脱水かを区別している。

血液検査の結果は、疾患や病状により様々な影響を受ける。例えば、BUN は、消化管出血や腎不全、CRE は腎機能低下に影響を受ける。また、Hct や RBC は貧血や出血、多血などにより影響を受ける。この様に、血液指標は脱水以外の病態でも変動するため、血液検査のみを指標とした脱水の評価は困難な場合がある。

Cheuvront らは⁵³、血漿浸透圧、尿浸透圧、尿比重、唾液の浸透圧をバイオインピーダンス法⁵⁴による総水分量と比較し、各指標の妥当性を検証した。その結果、脱水状態を絶対値として最も反映するのは、血漿浸透圧であり、体水分量の変化を相対的に反映するのは、血漿浸透圧と尿比重であったと報告している。また、Hooper らは⁵⁵、尿検査について、脱水診断の正確性について検証している。DRIE (Dehydration in our elderly) study と NU-AGE (Dietary strategies for healthy ageing in Europe) study の 2 つのスタディから抽出した 313 名の尿浸透

圧、尿の色調、尿量、尿糖、尿ケトン体量、尿 pH、尿タンパクなど 16 項目の値を血漿浸透圧の値で分類した。 $<295\text{mmOsm}$ 、 $295\text{mmOsm}-300\text{mmOsm}$ 、 $300\text{mmOsm}\leq$ の 3 群で比較したが、 $\text{ROC}_{\text{AUC}} > 0.7$ を示す指標は無く、尿検査による脱水の診断はできないと結論づけている。

脱水は、発生機序が複雑であり、状況によって水分が多く失われる高張性脱水だけでなく、水分より電解質の方が多く失われる低張性脱水、また水分と電解質が同等に失われる等張性脱水等、様々なタイプが存在する。これらは、あまり区別されずに論じられていることも多い。そのため、Fortes らは⁵⁶、脱水と診断された患者の 40～80%は、脱水の血液指標に従わなかったと報告し、また、Weinberg らは⁵⁷、明確に規定できている脱水の指標は無いと述べ、脱水診断の複雑さを表している。Thomas らは⁵⁸、脱水の診断により入院した 102 名の患者の血液データを精査したところ、68%は、 BUN/CRE を指標とする循環血液量の低下を示していた。また、17%は、血漿浸透圧の上昇、11%は高ナトリウム血症を示し、血管内脱水であったと報告している。そして、脱水という単語が容量減少と血管内脱水の両方を示す同義語として使用されており、脱水の診断をする際には、水分と電解質の欠乏の状態を明らかにして対処する様、注意を呼び掛けている。

この様に、現在の脱水の診断では、循環血液量の減少を示す BUN/CRE や細胞内脱水を示す血漿浸透圧を用いて脱水の有無を判断することが多く^{2, 59}、その時の血清ナトリウム濃度により、高張性脱水、低張性脱水、等張性脱水を分類している⁶⁰。

1-5. これまでの脱水の身体所見に関する研究の限界

脱水の身体所見は、特別な機器を使用することなく、低侵襲で実施でき、医療従事者でなくとも実施可能であることから、これまでに様々な検討が行われている。

梶井らは³⁹、健康高齢者 117 名と療養病床に入院中の 269 名に対して、血漿浸透圧 $> 300\text{mOsm}$ の高齢者が示す身体所見について検証した。血圧、呼吸数、脈拍、口腔内の変化、腋窩の乾燥などについて比較したところ、健康高齢者、療養病床の高齢者に共通して有意な差があったのは、腋窩の乾燥であったと報告している。また、Gross らは³⁴、脱水の診断を受けて入院した 60 歳以上の患者 55 名に対して、25 の身体所見の有無について評価した。その結果、78%の患者は、実際に脱水を発症しており、22%は発症していなかった。また、31%は、 $\text{Na} > 145\text{mEq/L}$ の mild dehydration であり、24%は、 $15 < \text{BUN} / \text{CRE}$ や血清ナトリウム濃度や血漿浸透圧、BUN 濃度の上昇が見られる moderately dehydration、また、24%は、 $20 < \text{BUN} / \text{CRE}$ や $\text{Na} > 145\text{mEq/L}$ 、血漿浸透圧 $> 300\text{mOsm}$ 、BUN 濃度の上昇などを示す severely dehydration であった。これらの患者では、35%が眼窩のくぼみを示し、44%が口腔乾燥を示し、23%が前腕の皮膚ツルゴールの低下を示し、脱水の存在と相関があったと報告している。

しかし、上記の研究では、様々な脱水の血液指標を用いて定義した脱水患者で身体所見の操作特性を評価しているため、体液減少の患者だけでなく、循環血液量の減少も含まれており、また、高張性脱水の患者も低張性脱水や等張性脱水の患者も含んだ状態で評価していた。そのため、示された身体所見が、どのタイプの脱水を反映していたのか明らかになっていない。

また、高齢者では血漿浸透圧の上昇を伴う脱水が多いとされているが⁶¹、血漿浸透圧の上昇を伴う脱水における、各身体所見の操作特性については明らかになっていない。

1-6 腋窩水分度の測定

1-6-1. 脱水の低侵襲検出法の意義

上述の通り、脱水は、医療従事者のいない在宅や介護施設でも発生している。また、脱水の身体所見の観察は、特別な機器を用いずに実施できる点が利点であるが、これらの身体所見の有無を判断するには、健常者との違いを判別する必要があり、技量と経験がある医療従事者でなければ実施することができない。そのため、在宅や介護施設などにおいて、医療専門職でなくても脱水の発生を検出できる簡易検出法を検討することは意義があると考えられる。

先行研究では³⁹、血清浸透圧の上昇が見られる健康高齢者及び療養病床の入院患者に共通した脱水の身体所見は、腋窩の乾燥であったと報告している。本研究では腋窩の乾燥に着目し、腋窩の乾燥を客観的に判定することができれば、脱水の簡易検出法になる可能性があると考えた。

1-6-2. 皮膚の構造

皮膚は、最外層から表皮、真皮、皮下組織で構成されている(Fig. 2)⁶²。皮下組織は、真皮、表皮を支える組織であり、多量の脂肪や血管を含んでいる。真皮は、コラーゲン繊維の間にヒ

アルロン酸を含み、水分を多く保つ機能を有している。そのため、真皮、皮下組織は水分の多い組織となっている。表皮は、真皮、皮下組織で維持している水分の蒸散を防ぐバリアの役割があり、その最外層となる角質層は、10～20 層の角層細胞が積層し、それらをケラチン線維とタンパク質で固定した厚さ 10～20um の層となっている。皮膚の中には、汗腺が通っており、発汗によって分泌された汗が、角質層に拡散し、角質層内のアミノ酸や有機酸、ミネラル塩類から成る天然保湿因子や角層細胞間脂質により、汗の水分が角質層内に保持される。従って、腋窩の乾燥の度合いは、発汗の量に依存する^{42, 43}。

1-6-3. 腋窩の皮膚の水分度測定

皮膚表面の水分量の測定は、1980 年代より測定法が研究され、インピーダンス法による測定法が既に確立している^{63, 64}。この方法は、皮膚の角質層の深さ 10um 付近に電流を流し、その抵抗値を測定することで水分含量を測定するというものである。

医療機器としては、口腔乾燥の度合いを測定する機器として、同様のメカニズムを用いた口腔水分計『ムーカス』(株式会社ライフ社製)が販売されているが⁶⁴⁻⁶⁶、皮膚の水分含量を測定する医療機器は、まだ存在しない。このことから、本研究では、市販されている皮膚用水分計『スキンモイスチャーメーター』(MCE-3259、マクロス社製、Fig. 3)を用いて腋窩の皮膚の水分度を測定した。本装置は、サイズ 3×2.3×17.2cm 重量 50g のハンディーな皮膚用水分計で美容用に開発された装置である。装置の表示値は、検出された抵抗値の対数に対して、相

関係数 0.9973 を以って直線関係にあることが明らかになっている。測定は、2 秒で終了し、事前のトレーニングが無くても使用できる簡便な装置である。

本研究では、腋窩の皮膚の乾燥の度合いを皮膚用水分計で測定し、腋窩の乾燥を客観的に評価できるのか検討した。

1-7 本研究の目的と意義

高齢者の脱水は、在宅や介護施設でも発生しており、このような場において、医療従事者でなくても脱水を簡便に診断する方法を明らかにすることの意義は大きい。

本研究は、高齢者の脱水を低侵襲で検出する方法を検討することを目的に、具体的には以下の二つを目的とした。

- (1) 高齢者の脱水の診断における各身体所見の操作特性を明らかにすること
- (2) 高齢者の脱水の診断における腋窩水分度の操作特性を明らかにすること

本研究では、高齢者に多い⁶¹⁾、血漿浸透圧の上昇を伴う脱水を発症した高齢患者における身体所見および腋窩水分度の操作特性を検証することとした。

本研究により、脱水の簡易検出法が明らかになることで、在宅や介護の現場で、簡便に、高齢者の脱水を早期発見し、早期介入によって脱水の重症化を防ぐことができると考えられる。また、脱水によって発生する医療費を削減できる可能性がある。

第 2 章

方 法

第2章 方法

2-1 対象者

2010年12月～2011年6月に筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター茨城県厚生連総合病院 水戸協同病院の救急外来を受診し、入院となった65歳以上の患者を対象とした。血液検査および尿検査を行わなかった患者、慢性腎不全の患者、心臓ペースメーカーを使用している患者は除外した。

2-2. 診療録調査

患者の属性、既往歴、主訴、疾患名、体温、血圧、転帰は、カルテを参照し、既往歴に慢性腎不全の記載がある患者を対象から除外した。

2-3. 血液検査

血液検査は、患者より末梢血採血を行い、水戸協同病院 検査室で測定された総タンパク質濃度、アルブミン濃度、血清尿素窒素、クレアチニン、血清ナトリウム濃度、血清尿酸濃度、血糖値の結果を参照した。結果より下記の式に従い、BUN／CRE、血漿浸透圧、推算糸球体ろ過量(eGFR)を算出した⁶⁶。

$$\text{BUN}／\text{CRE}=\text{BUN}\div\text{CRE}$$

血漿浸透圧 [mOsm] = $2 \times \text{血清ナトリウム濃度 [mEq/L]} + \text{血糖値 [mg/dL]} \div 18 + \text{血清尿}$

素窒素 [mg/dL] $\div 2.8$

推算糸球体ろ過量 [ml/分/1.73 m²]

= $194 \times \text{クレアチニン}^{-1.094} \times \text{年齢}^{-0.287} (\times 0.739 \text{ ※女性の場合})$

2-4. 尿検査

尿中ナトリウム濃度、尿中クレアチニン濃度、尿浸透圧は、水戸協同病院 検査室で測定された結果を参照した。

2-5. 身体所見

問診後の座位の患者に対し、脱水の身体所見として、腋窩の乾燥の有無、口腔の乾燥の有無、皮膚ツルゴールの低下、眼窩のくぼみの有無の観察、CRT の測定を行った。実施は、血液検査の結果を知る前、もしくは結果を知らない総合診療科の 6 名の医師(スタッフ及び研修医)が行い、1 名の患者に対して 1 名の医師が実施した。身体所見の観察法については、スタッフの医師が研修医に対してトレーニングを行った後に実施した。

各身体所見の観察方法は、以下の通り。

腋窩の乾燥： 患者の腋窩の皮膚を観察者の人差し指、中指、薬指で触診し、乾燥の有無を確認した。観察は、左右いずれかの腋窩で実施したが、片麻痺がある場

合は、麻痺の無い側の腋窩で実施した。身体所見としては、腋窩に発汗が

無く、乾燥した状態を陽性とした。

口腔の乾燥： 口腔内を観察し、口腔粘膜の乾燥、又は、舌の乾燥による表面の皺のいず

れかが観察された場合、陽性とした。

皮膚ツルゴール低下： 観察者の親指と人差し指で、患者の前胸部の皮膚をつまみ³⁵、皮

膚が元の形状に戻るのに2秒以上かかる場合を陽性とした。

眼窩のくぼみ： 患者の眼窩のくぼみを観察し、両方の眼窩が異常にくぼんでいる状態を

陽性とした。

CRT : 患者の手を患者の心臓の高さまで上げ、観察者が患者の中指の末節骨を

押した。押圧を解除し、患者の爪の色が再びピンク色に戻るまでの時間を

測定した。2秒以上かかる場合を陽性とした。

2-6. 腋窩水分度の測定

始めに、装置の確認として、その日の使用前に実施者が皮膚の同じ部位を2回測定し、2

回の測定値の差が表示値で2以内であることを確認してから測定を実施した。また、事前検討

として、腋窩中央部を中心に半径4cm以内であれば、同等の腋窩水分度を示すことを確認し、

測定部位を腋窩中央部に設定した。

問診後の患者に仰臥位になってもらい、左右いずれかの腋窩を測定場所として選択した。

腋窩を乾いたガーゼで拭き、目視で腋窩中央部の腋毛が無い部分を測定部位として確認した。皮膚用水分計のプローブ全面を皮膚に押し当て、自動で測定が開始し、測定が終了するまでそのまま維持した。測定は、続けて 2 回行い、2 回の平均値を解析に使用した。

2-7. 統計解析

サンプルサイズは、これまでの予備検討により、脱水群の腋窩水分度を 30%、非脱水群の腋窩水分度を 60%と想定し、 α 値 0.05、検出力を 0.50 として 15 名と算出した。

また、脱水の血液指標として、血漿浸透圧 $> 295\text{mOsm}$ の患者を脱水群、血漿浸透圧 $\leq 295\text{mOsm}$ の患者を非脱水群として、両群を比較した。

脱水群、非脱水群に関し、基本属性(年齢・性別)、血液検査の結果、尿検査の結果、身体所見の有無について記述統計量を算出した。

また、単変量解析として、脱水群、非脱水群の比較について t 検定、カイ二乗検定を行った。

各身体所見の操作特性を検討するために、各身体所見について血液データを指標とした脱水に対する感度、特異度、陽性尤度比、陰性尤度比、95%信頼区間を算出した。

腋窩水分度の操作特性を検討するために、脱水の指標としてのカットオフ値を設定し、それぞれのカットオフ値における、血液データを基にした脱水に対する感度、特異度、Youden Index を算出した。感度、特異度の変動を ROC 曲線として示し、Youden Index により、カットオ

フ値を選定した。

統計解析は、 $P < 0.05$ をもって有意とし、全ての統計解析は、SPSS version 18.0 for Windows (日本 IBM 社製)を用いて行った。

2-8. 倫理的事項

本研究は、水戸協同病院倫理委員会の承認を得て実施した。また、全患者にインフォームドコンセントを行い、同意が得られた患者のみに実施した。意識障害や認知機能障害などにより、患者本人の同意が得られない場合は、患者家族、代理人の同意を得て実施した。

なお、倫理委員会の承認に関する書類の番号、承認日については、承認日より4年以上が経過しているため、調査できなかった。

第 3 章

結 果

第3章 結果

3-1. 対象者

研究期間に水戸協同病院の救急外来を受診した患者は、救急車で来院が 1486 名、そのうち 65 歳以上の患者は、543 名であった。徒歩により受診し、入院となった患者もいたが、外来全体の患者数のみが記録されていたため、救急外来単独の患者数は不明であった (Fig. 4)。このうち比較的病状が落ち着いている 31 名に対して研究参加の同意を得た。慢性腎不全患者 2 名を除き 29 名を対象とした。これらの患者は、1 名を除き、全員 75 歳以上の後期高齢者であった。そのうち、27 名 (男性 16 名、女性 11 名) で身体所見の観察を行った。

3-2. 測定フロー

測定フローを Fig. 5 に示す。救急外来を受診した患者の主訴より、血液検査、尿検査を実施すると想定される患者に対してインフォームドコンセントを行い、問診の後、身体所見の観察を行った。続いて、腋窩水分度の測定を行い、最後に血液検査、尿検査を実施した。

3-3. 脱水群と非脱水群の血液検査、尿検査の比較

11 名 (38%) の患者が脱水と診断された。脱水群、非脱水群の性別、年齢に有意差は認められなかった。(Table 4)。脱水群の血清ナトリウム濃度は、145.5mEq/L と非脱水群の 134.4mEq/L より有意に高かった ($P < 0.01$, Fig. 6)。また、血清尿酸値も脱水群 7.8mg/dL、非

脱水群 5.3mg/dL と脱水群の方が有意に高値であった ($P=0.029$, Fig. 7)。さらに、脱水群では、非脱水群より有意に eGFR が低値であった ($P<0.01$, Fig. 8)。尿検査の結果に有意な差は見られなかった (Table 5)。脱水群の主訴は、4 名が呼吸困難であり、2 名が食欲低下、その他は、意識障害、発熱、下痢、浮腫であった (Table 6)。また、非脱水群の主訴は、発熱、肝障害、嘔吐、意識障害、咳、片麻痺、倦怠感であった。退院時の転帰は、脱水群では、11 名中 4 名 (36%)、非脱水群では、18 名中 3 名 (17%) が死亡退院であった。

3-4. 高齢者の脱水における各身体所見の操作特性の検討

脱水群、非脱水群について、身体所見の有無を比較した (Table 7, Fig. 9)。

腋窩の乾燥は、脱水群で 9 名中 4 名、非脱水群で 18 名中 2 名に認められた。また、口腔乾燥は、脱水群で 9 名中 5 名、非脱水群で 18 名中 7 名に見られた。眼窩のくぼみ、皮膚ツルゴールの低下、CRT の延長は、脱水群で各 2 名ずつで観察され、非脱水群でそれぞれ 3 名、5 名、3 名で観察された。全ての身体所見のうち、脱水群と非脱水群で有意な差が見られたのは、腋窩の乾燥だけであった ($P=0.0495$)。脱水群で CRT の延長が観察された 2 名の患者の収縮期血圧/拡張期血圧は、1 名が 130/70mmHg、もう 1 名が 105/71mmHg であった。

得られた結果より、それぞれの身体所見の感度、特異度を算出したところ、感度は、口腔乾燥が 56%と最も高く、次いで、腋窩の乾燥が 44%であった。特異度は、腋窩の乾燥が 89%と最も高く、次いで、眼窩のくぼみ、CRT の延長が共に 83%と高かった。これらの結果より、陽性尤度

比(LR(+))は、腋窩の乾燥が 4.0(95%信頼区間 1.00-39.9)と最も高くなり、次いで、口腔乾燥、眼窩のくぼみ、CRT の延長の順に、それぞれ、1.4(95%信頼区間 0.6-2.8)、1.3(95%信頼区間 0.3-5.8)、1.3(95%信頼区間 0.3-5.8)と低くなった。

3-5. 高齢者の脱水における腋窩水分度の操作特性の検討

3-5-1. 脱水群、非脱水群における腋窩水分度

血漿浸透圧 $> 295\text{mOsm}$ を脱水と定義した時の脱水群、非脱水群における腋窩水分度の違いを Table 8、Fig. 10 に示す。非脱水群の平均腋窩水分度は、41.0%であったのに対して、脱水群は、33.7%と有意に低かった。脱水群に、浮腫を主訴として受診した患者がいたが、この患者の腋窩水分度は 36.4%であった。

3-5-2. 腋窩水分度のカットオフ値の違いによる感度、特異度の違い

腋窩水分度のカットオフ値を変化させた時における、脱水検出の各感度、特異度を Table 9 に示す。また、感度と特異度の変化を ROC 曲線として示した(Fig. 11)。Youden Index より、腋窩水分度 37.5%をカットオフ値として選択した。腋窩水分度 37.5%の時、感度 82%、特異度 47%、陽性尤度比 1.5 であった。また、腋窩水分度 30%の時、感度 9%、特異度 88%となった。

第 4 章

考 察

第4章 考察

4-1 対象者の背景

患者は、1 名を除き、後期高齢者であった。65 歳以上を高齢者と定義していたが、入院を必要とする患者は、75 歳以上の患者が多かったため、この様な結果になったと考えられる。また、救急外来で取り込み条件に合う患者を対象としたところ、高張性脱水の患者が多く含まれていた。脱水群では、血清ナトリウム濃度、尿酸値が有意に高く、eGFR が有意に低いという結果が得られた。血清ナトリウム濃度は、脱水の定義に含まれていたため、この様な結果になったと考えられる。また、eGFR については、脱水群で、循環血液量低下に伴う腎血流低下が影響した可能性が考えられた。

BUN／CRE は、両群の間に有意な差は認められなかったが、全体に高値であった。これは、対象者が 75 歳以上の高齢者であり、筋肉量が低下して CRE の値が低下したため、相対的に BUN／CRE の値が高値になったと考えられる。

本研究では、脱水の診断を受けた患者の死亡退院は 2 群間で有意な差は見られなかった。先行研究において、メディケアを受けており、脱水を併発して入院した高齢患者の 50%は、入院から 1 年以内に死亡しているという報告があることから¹⁸、高齢者において脱水は死亡リスクの 1 つになる可能性が考えられるが、本研究はサンプルサイズも小さく、交絡要因の影響なども調整できていないため、脱水と死亡について検討することは困難であった。

4-2 高齢者の脱水における各身体所見の操作特性の検討

高齢入院患者の脱水の身体所見では、腋窩の乾燥が陽性尤度比 4.0 と最も高く、次いで、口腔乾燥、眼窩のくぼみ、CRT の延長の順に陽性尤度比が高かった。Eaton らによる腋窩乾燥の身体所見の研究では⁴⁷、陽性尤度比は、2.8 であり、Gross らによる入院高齢者の脱水の身体所見の検討では、それぞれの身体所見の陽性尤度比は、口腔乾燥 2.0、眼球のくぼみ 3.4 であったと報告されている^{6, 31}。また、CRT の延長の陽性尤度比は、6.9 であったと報告されている³⁸。

今回の結果では、腋窩の乾燥の陽性尤度比は、先行研究より高かったが、その他の身体所見の陽性尤度比は、先行研究より低かった。先行研究では、医師による脱水の診断をスタンダードとして、脱水を定義しており、その中には、 $\text{Na} > 145 \text{mEq/L}$ の患者、 $15 < \text{BUN/CRE}$ の患者、血漿浸透圧 $> 300 \text{mOsm}$ の患者、BUN 濃度の上昇が見られる患者が含まれていた。そのため、高張性脱水の患者も等張性、低張性脱水の患者も含まれていたと考えられる。本研究では、高張性脱水の患者のみを対象としたため、先行研究の結果と異なつたと考えられる。また、腋窩の乾燥は、特異度が 89% と高かったが、感度は、44% とそれほど高く無かった。Eaton らの報告では²⁵、腋窩の乾燥は、特異度 82%、感度 50% と報告されており、本研究の結果は、先行研究の結果とほぼ同等であった。

脱水群では、口腔乾燥の陽性率が高かったが、非脱水群においても口腔乾燥の陽性率が高かった。この結果より、口腔乾燥より腋窩の乾燥の方が、陽性尤度比が高くなつたと考えら

れる。口腔乾燥は、目視で皺という立体構造を判断しなければならないため、判断には技量が必要であり、観察者の要因が結果に影響する可能性が考えられる。そのため、口腔乾燥の陽性率は、脱水群、非脱水群でそれほど違いが見られなかったのではないかと考えられる。

眼窩のくぼみに関しては、組織中の水分の減少により、眼窩にくぼみが発生するため、細胞内脱水を示す高張性脱水の患者で、眼窩のくぼみを示しやすい。本研究では、特異度は、83%と先行研究と同等であったが、感度が22%と先行研究より低く、それに伴い、陽性尤度比も1.3と低かった。眼窩のくぼみについても口腔乾燥と同様に、視診のみでくぼみという立体構造を判断するため、正常な状態と区別が付きにくく、測定上の誤差が含まれた可能性があると考えられる。

また、循環血液量の低下を強く反映するCRTの延長の陽性尤度比は、先行研究より低値を示した。脱水群でCRTの延長が観察された2名の患者の血圧は、ばらつきが大きく、サンプルサイズも小さいため、CRT延長とバイタルサインについての検討は困難であった。本研究は冬に実施しており、外気温の低下等により、患者の血流が低下し、CRTが延長しやすい時期であったと考えられる。また、本研究の対象患者が先行研究の対象患者と異なり、高張性脱水の患者であったため、結果の差異が発生したと考えられる。

4-3. 高齢者の脱水における腋窩水分度の操作特性の検討

脱水群では、非脱水群より有意に腋窩水分度が低く、血液データによる脱水の診断と関連

することが示された。また、腋窩の乾燥の度合いを定量化することで、脱水の身体所見である腋窩の乾燥の有無を数値の違いとして表現できることが示された。これにより、腋窩の乾燥の定量化が、簡便な脱水の低侵襲検出法になり得る可能性が示唆された。

脱水群の患者の中には、浮腫を主訴として受診した患者がいたが、この患者の腋窩水分度は 36.4%と脱水群の腋窩水分度の平均±SD に含まれる値であった。浮腫では、主に真皮と皮下組織に水分が貯留するが⁶²、皮膚用水分計は、皮膚の最表面に位置する角質層に含まれる水分を測定するため、浮腫は測定値に影響を及ぼさないと考えられる。

高張性脱水では、血管内の水分が減少する。汗は、浸透圧差を利用して血漿中の水分を抽出することにより産生するため、血管内の水分が減少すると、発汗量が減少する⁴³。腋窩の水分は、発汗に因るものであるとの報告があることから^{42, 43}、発汗量の減少により、腋窩の水分度が低下したと考えられる。

腋窩水分度のカットオフ値について、Youden Index より、腋窩水分度 37.5%をカットオフ値として選択した。カットオフ値が腋窩水分度 37.5%の時には、感度 82%、特異度 47%であった。カットオフが 30%の時には、感度 9 %、特異度 88%であった。従って、測定値が 30%未満の時には、特異度が88%と高いことから、実際に脱水を発症している可能性が高く、注意が必要であると考えられた。

病院における脱水の診断は、血液検査の結果と身体所見の有無を総合的に判断して行われており、医療従事者でなければ診断できない。しかし、先行研究で報告されている様に³⁶、

高齢者の脱水は、在宅や介護施設でも発生している。このような環境において、医療従事者でなくても脱水を早期発見し、早期対策を施すことが可能になれば、高齢者の脱水の重症化を抑制できる可能性がある。今回の結果より、医療従事者の少ない介護施設や在宅においても、腋窩水分度を測定することで、腋窩水分度が 37.5%未満の時、とりわけ、30%未満の時には、脱水の可能性を疑い、重症化する前に対策を取れる可能性が示唆された。

上述の通り、脱水の身体所見の観察は、実施者の技量に依るところがあり、結果のばらつきが発生しやすいと考えられる。身体所見の観察の代替として、腋窩水分度を測定することで、どのような実施者でもばらつきのない結果を得られる点においても意義があると考えられる。

本研究から明らかになった腋窩水分度の測定上の注意を Table 10 に示す。腋窩水分度を測定するためには、プローブ全面が皮膚と直接、接する必要がある。高齢者の腋窩は、冬は非常に乾燥しており、皮膚表面に脱落した角質が付着することがある。これがプローブに付着すると測定できないため、乾いたガーゼで腋窩を拭いてから測定することが必要である。また、同様に、プローブと皮膚の間に腋毛が挟まると皮膚に適切に電流が流れないため、腋毛が無い場所を選んで測定する。この様に、腋窩水分度の測定は、プローブが正しく皮膚に当たることが最も重要なポイントとなるため、誰でも適切にプローブを腋窩の皮膚に当てられる全体の形状や分かりやすい取扱説明書が求められる。

腋窩の乾燥は、患者の発汗により左右されるが、発汗は、脱水だけでなく、気温や湿度などの周囲の環境や体温、ホルモンの状態、様々な生理活性物質の分泌の状況によっても左

右される⁴⁴。従って、腋窩の水分度測定は、発汗していない状態を詳細に測定するための装置であり、測定環境に注意が必要である。

4-4. 本研究の限界と今後の展望

本研究は、1 つの病院の救急外来において入院した高齢患者を対象に行った。多忙な救急外来で実施したため、入院患者全員を対象者に含めることができず、サンプルサイズが少なくなった。そのため、本研究の対象者では症例が非常に限られている可能性があり、複数の病院でサンプル数を増やして、さらに確度の高い身体所見の感度、特異度を検討することが必要であると考えられる。

さらに、身体所見の観察は、数名の医師により実施されたが、身体所見の観察には、健康人の状態と患者の状態を予め把握している必要があり、判断には経験と技量を要する。本研究において観察者となった医師は、それぞれ経験年数が異なったため、技量に差があった可能性が考えられる。また、1 名の患者の身体所見は、1 名の医師のみで確認しており、複数名での確認を行わなかったため、信頼性という点においても限界があると考えられる。

本研究では、急性期病院の救急外来を研究場所として、血漿浸透圧の上昇を示す高齢者を対象として実施した。血漿浸透圧の上昇は、高張性脱水を反映する指標であるが、在宅や介護施設での脱水には、低張性脱水や等張性脱水も含まれることから、本研究の結果の解釈には注意が必要であり、低張性脱水や等張性脱水の検出については、さ

らなる研究が必要であると考えられる。

皮膚用水分計は、特別なトレーニングを必要としない、非常に簡単に使用できる装置であるが、上記の様に、腋毛がある部位で測定したり、プローブの当て方が悪く、プローブ全面が腋窩表面に接触しない場合は、正確に測定できない。本研究では、初めて皮膚用水分計を使用した医師が多かったことから、正確に測定できなかった例も含まれる可能性がある。

また、腋窩水分度は、腋窩での発汗の状態を評価するものであるが、発汗は、患者の体温や測定時の天候や気温、測定環境の室温や湿度、患者の食事から測定までの経過時間などに左右される可能性がある⁶⁸。本研究では、測定時の外的環境を考慮せずに実施したが、今後の研究では、測定時間や測定場所の気温等を揃える必要があると考えられる。

本研究は、2010 年 12 月～2012 年 6 月の冬の期間に実施した。冬は、気温が低く、湿度が低下している時期であるため、患者が比較的汗をかきにくい時期であると考えられる。そのため、夏の時期には、結果が異なる可能性がある。

従って、今後は、複数の病院や在宅、介護施設で季節を変えて実施し、一般性を高める必要があると考えられる。また、急性期における脱水として、救急外来だけでなく、ICU 領域において評価することにより、これらの領域においても非侵襲検出法になる可能性がある。さらに、脱水のアセスメントだけでなく、脱水の改善を判断できれば、より有用な脱水の低侵襲検出法になると期待できる。等張性脱水や低張性脱水に対する検討を行い、これらの脱水と腋窩水分度の関係性が明らかになれば、脱水の日本人のカットオフ値を設定でき、より感度の高い脱

水の低侵襲検出法になると期待される。

4-5. 結論

本研究により、以下の点が明らかになった。

- 1) 高齢者の高張性脱水患者では、腋窩の乾燥が最も陽性尤度比が高かった。
- 2) 腋窩水分度の測定は、実施者の要因を含まない、安定した結果が得られる点が利点である。
- 3) 腋窩水分度の測定が、簡便な脱水の低侵襲検出法になり得る可能性が示された。

第 5 章

謝辭

第5章 謝辞

本論文の作成にあたり、終始丁寧かつ熱心なご指導、ご校閲を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科地域医療教育学分野の前野哲博教授、講師 前野貴美先生に心から感謝いたします。

また、筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター茨城県厚生連総合病院 水戸協同病院の小林裕幸教授、講師 木下賢輔先生には、本研究の実施にあたり、多大なご尽力をいただき、ご指導、ご助言を賜り、深く感謝しております。

同様に、本研究に協力してくださいました筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター茨城県厚生連総合病院 水戸協同病院の内科外来の担当医師の皆様、看護師の皆様によりお礼申し上げます。

さらに、学位取得の機会を提供してくださいました地域医療推進機構 本部顧問 徳田安春先生に深く感謝いたします。

最後に、本研究の主旨を理解し、研究にご協力いただいた皆様に心から感謝の気持ちとお礼を申し上げたく、謝辞に代えさせていただきます。

告示

告示すべき利益相反はありません。

第 6 章

参考文献

第6章 参考文献

- [1] 田中正敏, 水とヒト ―生理的立場から―. 人間と生活環境. 1999; 6(2): 85-91.
- [2] 内田俊也, 水電解質異常. 日腎会誌. 2002; 44(1): 18-28.
- [3] 加藤哲夫, 日常臨床に役立つ水・電解質異常の考え方, 低ナトリウム血症・高ナトリウム血症. 日本内科学会雑誌. 2006; 95: 821-825.
- [4] 鷹股亮, 水分摂取による熱中症予防 その生理学的メカニズム. 日生気誌. 2004; 41(1): 55-59.
- [5] Thomas DR, Cote TR, Lawhome L, Levenson SA, Rubenstein LZ, Smith DA, Stefanacci RG, Tangalos EG, Morley JE, Understanding Clinical dehydration and its treatment. JAMDA. 2008; 9 292-301.
- [6] McGee S, Abernethy WB, Simel DL, 第24章 この成人患者に体液量減少はあるか?, Simel DL, Drummonde R 編, 竹本毅訳, 論理的診察の技術. 日経 BP 社. 2010.
- [7] 奥山真由美, 西田真寿美, 高齢者の脱水症予防のケアに関する文献的考察. 山陽論叢. 2012; 19: 83-91.
- [8] 梶井文子, 杉山みち子, 五味郁子, 在宅虚弱高齢者における脱水状態と水分摂取状況. 聖路加看護大学紀要. 2006; 32(3): 43-50.
- [9] 阿部咲子, 高齢者介護施設における水電解質管理のフィジカルアセスメント. 日本静

脈経腸栄養学会雑誌. 2017; 32(3): 1131-1133.

[10] 谷口英喜, 栄養管理における体液状態の評価. 日本静脈経腸栄養学会雑誌. 2017; 32(3): 1126-1130.

[11] 梶井文子, 高齢入院患者における脱水状態の早期発見のための看護アセスメント. お茶ノ水医学雑誌. 2002; 50(3): 115-132.

[12] Taniguchi H, Hattori M, Naruse T, Matsuyama S, Tanaka A, Ushigome K, Role of predehydration as a predictor of dehydration: a noninvasive cross-sectional assessment of elderly individuals. J.J. Gerontol., 2015; 1(3): 14-22.

[13] 武久洋三, 武久敬洋, 大和薫, 倉本悦子, 井川誠一郎, 血管内脱水に対する間歇的補液療法の効果: 経消化管補液の単独および併用療法について. 日老医誌. 2012; 49: 107-113.

[14] Stookey JD, High prevalence of plasma hypertonicity among community-dwelling older adults: results from NHANES III. J. Am. Diet. Assoc. 2005; 105: 1231-1239.

[15] Popkin BM, D'Anci KE, Rosenberg IH, Water, Hydration and Health. Nutr. Rev. 2010; 68(8): 439-458.

[16] Frangeskou M, Lopez-Valcarcel B, Serra-Majem L, Dehydration in the elderly: a review focused on economic burden. J. Nutr. Health Aging. 2015; 19(6): 619-627.

[17] Wakefield BJ, Menten J, Holman JE, Culp K, Postadmission dehydration: risk factors,

indicators and outcomes. *Rehabil. Nurs.* 2009; 34: 209–216.

- [18] Warren JL, Bacon WE, Harris T, McBean AM, Foley DJ, Phillips C, The Burden and outcomes associated with dehydration among US Elderly, 1991. *Am. J. Public Health.* 1994; 84(8): 1265–1269.
- [19] Xiao H, Barber J, Campbell ES, Economic burden of dehydration among hospitalized elderly patients. *Am. J. Health-syst. Pharm.* 2004; 61: 2534–40.
- [20] Pash E, Parikh N, Hashemi L, Economic burden associated with hospital postadmission dehydration. *J. Parenter. Enteral. Nurt.* 2014; 38(Suppl 2): 58S–64S.
- [21] 林泰史, 高齢者のリハビリテーションと QOL. *日本老年医学会雑誌.* 2003; 40: 459–462.
- [22] Wotton K, Crannitch K, Munt R, Prevalence, risk factors and strategies to prevent dehydration in older adults. *Contemp. Nurs.* 2008; 31: 44–56.
- [23] Wilson MG, The management of dehydration in the nursing home. *J. Nutr. Health & Aging.* 1999; 3(1): 53–61.
- [24] Vivanti A, Harvey K, Ash S, Battistutta D, Clinical assessment of dehydration in older people admitted to hospital. What are the strongest indicators?. *Arch. Gerontol. Geriat.* 2008; 47: 340–355.
- [25] Eaton D, Bannister P, Mulley GP, Connolly MJ, Axillary sweating in clinical assessment of dehydration in ill elderly patients. *BMJ.* 1994; 308: 1271.

- [26] McGee S, Abernethy WB 3rd, Simel DL, The rational clinical examination. Is this patient hypovolemic? JAMA. 1999; 281: 1022-1029.
- [27] Levitt MA, Lopez B, Lieberman ME, Sutton M, Evaluation of tilt test in adult. Emergency medicine population. Ann. Emerg. med. 1992; 21(6): 713-718.
- [28] Allison RD, Lewis AR, Liedtke R, Buchmeyer ND, Frank H, Early identification of hypovolemia using total body resistance measurements in long-term care facility residents. Gender Med. 2005; 2(1): 19-33.
- [29] 杉谷博士, 唾液分泌のメカニズム. 日本口腔外科学会雑誌. 2011; 57(4): 182-186.
- [30] 守尾一昭, 脱水症の病態、病型: 高齢者に特徴的な病態、病型はあるか? . Geriat. Med. 2008; 46(6): 559-566.
- [31] Gross CR, Lindquist RD, Woolley AC, Granieri R, Allard K, Webster B, Clinical indicators of dehydration severity in elderly patients. J. Emerg. Med. 1992; 10: 267-274.
- [32] 徳田安春, 脱水の身体所見. 日本医事新報. 2012; 4602: 45-47.
- [33] 小山雄太, 今井裕一, 高齢者(後期高齢者)での水・電解質異常. Medicina. 2003; 40(11): 1826-1828.
- [34] Dorrington K, Skin turgor: do we understand the clinical sign?. Lancet. 1981; 264-266.
- [35] Saavedra JM, Harris GD, Li S, Finberg L, Capillary refilling (skin turgor) in the assessment of dehydration. AJDC. 1991; 145: 296-298.

- [36] 梶井文子, 五味郁子, 杉山みち子, 道場信孝, 石清水由紀子, 平野真澄, 安藤高明, 伊藤香代子, 上遠野延行, 三柴雅昭, 小山秀夫, 健康高齢者の脱水状態の早期発見のためのアセスメント項目の開発に関する研究. 日本健康・栄養システム学会誌. 2003; 3(3): 225-234.
- [37] 伊藤康太, 脱水-臨床検査で確実に除外していくことは可能か. EBM ジャーナル. 2006; 7(2): 38-42.
- [38] Schriger DL, Baraff LJ, Defining normal capillary refill: variation with age, sex, and temperature. Ann. Emerg. Med. 1988; 17: 932-935.
- [39] 吉国 好道, 田上 八郎, 白浜 茂穂, 佐野 勉, 井上 邦雄, 山田 瑞穂, 身体各部位における皮表角層水分量の季節的变化とそれに関与する因子について. 日皮会誌. 1983; 93(5): 491-495.
- [40] Tagami H, Kanamaru Y, Inoue K, Suehisa S, Inoue F, Iwatsuki K, Yoshikuni K, Yamada M, Water sorption-desorption test of the skin in vivo for functional assessment of the stratum corneum. J. Invest. Dermatol. 1982; 78: 425-428.
- [41] 入来正躬, 浅木恭, 高齢者の体温調節. バイオメカニズム学会誌. 1992; 16(1): 31-37.
- [42] 井上芳光, 子どもと高齢者の熱中症予防策. 日生氣誌. 2004; 41(1): 61-66.
- [43] 上條義一郎, 発汗のメカニズム. 臨床スポーツ医学. 2017; 34(4): 362-366.
- [44] 藤井利衣, 濱田康弘, 堀川真由美, 矢野美由紀, 菊間知恵, 小林曜子, 北秋翔子,

脇田久美子, 戸田明代, 宇佐美眞, 低栄養患者の栄養評価における多周波インピーダンス法の課題. 静脈経腸栄養. 2014; 29(6): 1357-1361.

- [45] Ho LT, Kushner RF, Schoeller DA, Gudivaka R, Spiegel DM, Bioimpedance analysis of total body water in hemodialysis patients. Kid. Int. 1994; 46: 1438-1442.
- [46] Vache C, Rousset P, Gachon P, Morio B, Boulrier A, Coudert J, Beaufrere B, Ritz P, Bioelectrical impedance analysis measurements of total body water and extracellular water in healthy elderly subjects. Int. J. Obesity. 1998; 22: 537-543.
- [47] 助田菜奈, 北山利香, 小寺宏尚, 矢内佑子, 家原典之, 八城正知, Kt/V は女性や体格の小さい患者では男性や体格の大きな患者に比較し透析量を相対的に過大評価するーバイオインピーダンス法を用いてー. 透析会誌. 2015; 48(9): 515-523.
- [48] Fortes MB, Owen JA, Raymond-Barker P, Bishop C, Elghenzai S, Oliver SJ, Walsh NP, Is this elderly patient dehydrated? Diagnostic accuracy of hydration assessment using physical signs, urine, and saliva markers. JAMDA. 2015; 16: 221-228.
- [49] Sansevero AC, Dehydration in the elderly: strategies for prevention and management. Nurs. Pract. 1997; 22(4): 41-72.
- [50] Riccardi A, Chiarbonello B, Minuto P, Guidido G, Corti L, Lerza R, Identification of the hydration state in emergency patients: correlation between caval index and BUN/creatinine ratio. Euro. Rev. med. Pharmacol. 2013; 17: 1800-1803.

- [51] Bryant H, Dehydration in older people: assessment and management. *Emerg. Nurs.* 2007; 15(4): 22-26.
- [52] 勝谷友宏, 萩原俊男, 高齢者の水・電解質異常の特徴と管理. *日内会誌*. 2003; 92: 799-805.
- [53] Cheuvront SN, Ely BR, Kenefick RW, Sawka MN, Biological variation and diagnostic accuracy of dehydration assessment markers. *Am. J. Clin. Nutr.* 2010; 92: 565-573.
- [54] Ho LT, Kushner RF, Schoeller DA, Gudivaka R, Spiegel DM, Bioimpedance analysis of total body water in hemodialysis patients. *Kid. Int.* 1994; 46: 1438-1442.
- [55] Hooper L, Bunn DK, Abdelhamid A, Gillings R, Jennings A, Maas K, Millar S, Twomlow E, Hunter PR, Shepstone L, Potter JF, Fairweather-Tait SJ, Water-loss (intercellular) dehydration assessed using urinary tests: how well do they work? Diagnostic accuracy in older people. *Am. J. Clin. Nutr.* 2016; 104: 121-131.
- [56] Fortes MB, Owen JA, Raymond-Barker P, Bishop C, Elghenzai S, Oliver SJ, Walsh NP, Is this elderly patient dehydrated? Diagnostic accuracy of hydration assessment using physical signs, urine, and saliva markers. *JAMDA*. 2015; 16: 221-228.
- [57] Weinberg AD, Minaker KL, Dehydration. Evaluation and management in older adults. *J. Am. Med. Assoc.* 1995; 274:1552-1556.
- [58] Thomas DR, Tariq SH, Makhdomm S, Haddad R, Moinuddin A, Physician misdiagnosis

of dehydration in older adults. J. Am. Med. Dir. Assoc. 2003; 4: 251-254.

[59] 孫 大輔, 南学 正臣, 診断へのアプローチ、BUN, クレアチニンの代謝、BUN, クレアチニン高値を認めたときの鑑別診断の進め方. 日内会誌. 2008; 97: 929-933.

[60] 菱田明, 症候の評価と治療の実際(水・電解質管理) 乏尿・脱水時. 日内会誌. 2003; 92: 750-756.

[61] Hooper L, Bunn D, Jimoh FO, Fairweather-Tait SJ, Water-loss dehydration and aging. Mechanisms Ageing Develop. 2014; 136-137: 50-58.

[62] 「六訂版 家庭医学大全科」株式会社法研
<https://health.goo.ne.jp/medical/body/jin040>

[63] Rawlings AV, Harding CR, Moisturization and skin barrier function. Dermatol. Ther. 2004; 17: 43-48.

[64] 田上 一郎, 表皮生理機能の異常. 皮膚科 MOOK. 1989; 15: 73-82.

[65] 柿木保明, 口腔水分計「モイスチャーチェッカー・ムーカス. Nippon Dental Rev. 2003; 63(5): 105-109.

[66] 徳田安春, 病歴と診察によるエビデンス内科診断. JIM. 2014; 24(10): 954-959.

[67] 玉置盛浩, 山本一彦, 福辻智, 石田純一, 柳生貴裕, 堀田聡, 仲川卓範, 露木基勝, 川上正良, 桐田忠昭, 口腔水分計を用いた口腔粘膜湿潤度に関する臨床的検討. J. Jpn. Stomatol. Soc. 2007; 56(2): 234-240.

[68] 和泉博之, 味覚性発汗と顔面口腔領域の自律神経支配. 北海道医療大学歯学雑誌.

2010; 29(1): 33-62.

第 7 章

図表

第7章 図表

Table 1 脱水のリスクファクター

項目	Reference	項目	Reference
70 歳以上、85 歳以上	22,23	尿失禁	23
女性	22,23	感染(尿路、肺炎、その他)	22,23
高 BMI 又は低 BMI	5,22	高血糖状態	22
低栄養	22	抑うつ	5,22,23
利尿剤	22	認知症	5,22,23
多剤投与	5,22,23	発語困難	22
水分摂取<1.5L/kg	22	嚥下障害	22
脱水の既往	22	経管栄養	23
糖尿病	22	口腔ケア不足	22
複数の慢性疾患	22,23	味覚障害	22
下痢、嘔吐、発熱	22,23	嗅覚障害	22
脳血管、心血管疾患	5,23		

Table 2 脱水の身体所見

Assessment	Cutoff symptom	Reference
Physical assessment		
mouth and lips moisture	Dry	22
Tongue furrow	cracked	13, 24
Skin turgor	> 2 second	13, 27
Axillary moisture	Dry	22, 25
Capillary refill time	> 2second	16, 26
Sunken eyes	Abnormally sunken	22
Skin color	Pink, ashen, pale	17
Other assessment		
Biological impedance analysis	> 550 Ω at 50kHz	28
Saliva osmolality	> 94 mOsm/kg	48

Table 3 脱水の診断基準(血液検査、尿検査)

Test	Cutoff value	Reference
Blood test		
Blood urea nitrogen (BUN)	BUN > 18mg/dL	49
BUN/creatinine (CRE)	BUN/CRE > 20	50
Serum sodium (Na)	Na > 145 mEq/L	51
Serum osmolality	Osmolality > 295 mOsm/L	49
Total protein (TP)	TP > 8.4g/dL	51
Uric acid (UA)	UA > 7.0mg/dL	52
Red blood cell count (RBC)	RBC > 5.4 million/mm ³	51
Hematocrit (Hct)	Hct > 52 %	49
Urinary test		
Osmolality	Osmolality > 800 mOsm/L	50
pH	pH < 4.6	50
Potassium (K)	K > 100 mmol/L	50

Table 4 脱水群、非脱水群の血液データ

Mean \pm SD			
	Dehydrated group (N=11)	Non-dehydrated group (N=18)	P
Male [n, (%)]	7 (63.6)	10 (55.6)	0.668 ^a
Female [n, (%)]	4 (36.4)	8 (44.4)	
Age (years)	84.4 \pm 5.3	86.1 \pm 6.6	0.455 ^b
Temperature (°C)	36.9 \pm 1.1	37.9 \pm 1.1	0.065 ^b
Systolic blood pressure (mmHg)	130.8 \pm 27.3	142.2 \pm 29.8	0.395 ^b
Diastolic blood pressure (mmHg)	73.1 \pm 17.7	77.1 \pm 19.8	0.658 ^b
TP (g/dL)	6.6 \pm 1.1	7.0 \pm 0.7	0.133 ^b
ALB (g/dL)	3.0 \pm 0.8	3.3 \pm 0.5	0.167 ^b
Na (mEq/L)	145.5 \pm 9.3	134.4 \pm 4.6	<0.01 ^b
UA (mg/dL)	7.8 \pm 3.7	5.3 \pm 1.1	0.029 ^b
BUN／CRE	28.8 \pm 9.7	23.6 \pm 12.8	0.116 ^b
eGFR (ml/分/1.73 m ²)	41.3 \pm 20.6	68.5 \pm 30.5	<0.01 ^b
Death at discharge [n, (%)]	4 (36.4)	3 (16.7)	0.229 ^a

Dehydrated group: Osmolality > 295mOsm,

Non-dehydrated group: Osmolality \leq 295mOsm^a Chi-square test^b *t* test

Table 5 脱水群、非脱水群の尿データ

Mean \pm SD			
	Dehydrated group (N=11)	Non-dehydrated group (N=18)	P ^a
Urine Na (mEq/L)	79.5 \pm 29.6	93.5 \pm 119.5	0.448
Urine CRE (mg/dL)	68.5 \pm 46.5	101.3 \pm 128.7	0.390
Urine Osmolality (mOsm)	558.4 \pm 108.6	468.0 \pm 66.7	0.098

Dehydrated group: Osmolality $>$ 295mOsm,Non-dehydrated group: Osmolality \leq 295mOsm^a *t* test

Table 6 脱水群の患者の主訴と転帰

	Concomitant disease	Outcome
1	Dyspnea	Alive
2	Dyspnea	Death
3	Diarrhea	Death
4	Fever	Alive
5	Edema	Death
6	Anorexia	Death
7	Disturbance of consciousness	Alive
8	Anorexia	Alive
9	Dyspnea	Alive
10	Dyspnea	Alive
11	Abdominal pain	Alive

Table 7 脱水群、非脱水群の身体所見陽性数、感度、特異度、陽性尤度比、陰性尤度比

	Dehydrated (N=9)	Non-dehydrated (N=18)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	LR(+) (95%CI)	LR(-) (95%CI)	P ^a
Dry axilla	4	2	44	89	4.0 (1.00-39.9)	0.6 (0.4-0.99)	0.0495
Dry mouth	5	7	56	61	1.4 (0.6-2.8)	0.7 (0.3-1.4)	0.411
Sunken eyes	2	3	22	83	1.3 (0.3-5.8)	0.9 (0.6-1.2)	0.726
Reduced skin turgor	2	5	22	72	0.8 (0.2-2.8)	1.1 (0.6-1.4)	0.756
CRT \geq 2sec	2	3	22	83	1.3 (0.3-5.8)	0.9 (0.6-1.2)	0.726

LR(+): Likelihood ratio of positive result, LR(-): Likelihood ratio of negative result

95%CI: 95% Confidence Interval

CRT: Capillary Refill Time

^a Chi-square test on the positive rate of each findings in two groups.

Table 8 脱水群、非脱水群における腋窩水分度

	Mean \pm SD		
	Dehydrated group (N=11)	Non-dehydrated group (N=18)	P
Axillary moisture (%)	33.7 \pm 5.6	41.0 \pm 12.9	0.026

Dehydrated group: Osmolality $> 295\text{mOsm}$,

t test

Non-dehydrated group: Osmolality $\leq 295\text{mOsm}$

Table 9 腋窩水分度のカットオフ値の違いによる感度と特異度、Youden index の違い

Cutoff value	25%	30%	32.5%	35%	37.5%	40%	45%	50%
Sensitivity (%)	9	9	27	64	82	91	100	100
Specificity (%)	100	88	76	59	47	35	29	12
Youden Index	0.09	-0.03	0.04	0.22	0.29	0.26	0.29	0.12

Table 10 腋窩水分度の測定上の注意

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・ 腋窩を乾いたガーゼで拭き、皮膚表面の汚れや脱落した角質を除去してから測定する。・ 腋毛が無い場所で測定する。・ プローブの全面が皮膚と直接、接触する様に当てて、測定する。・ 周囲の温度や食事の時間などの発汗に影響を及ぼす要因に測定値が影響を受ける。・ 発汗していない状態を評価する装置であるため、測定環境に注意する。 |
|--|

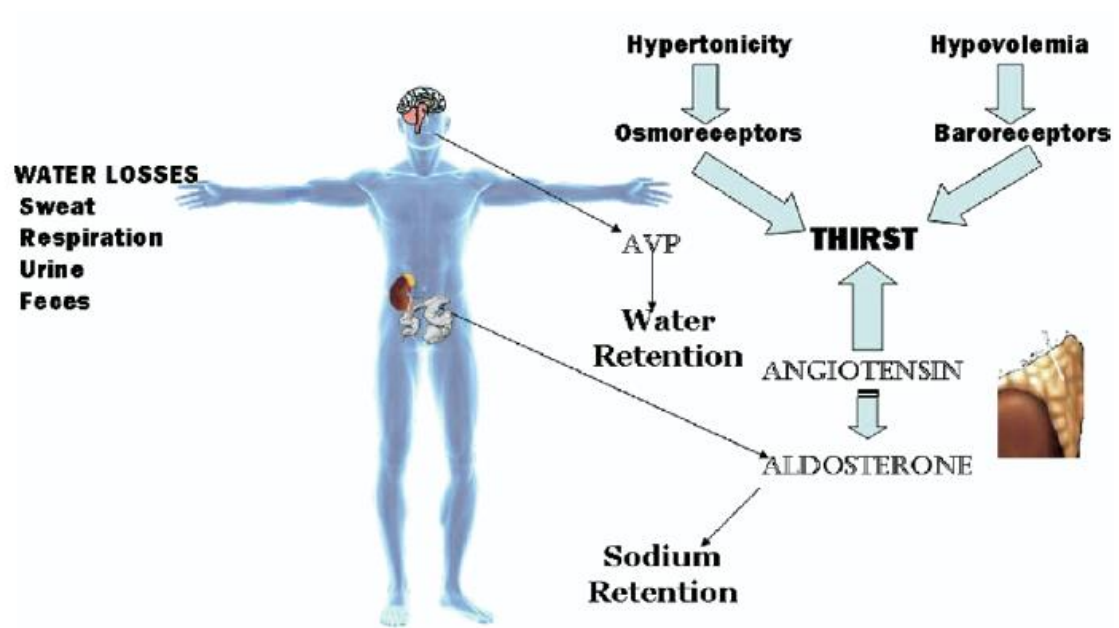


Fig. 1 体内の水分調節⁵

皮膚の構造

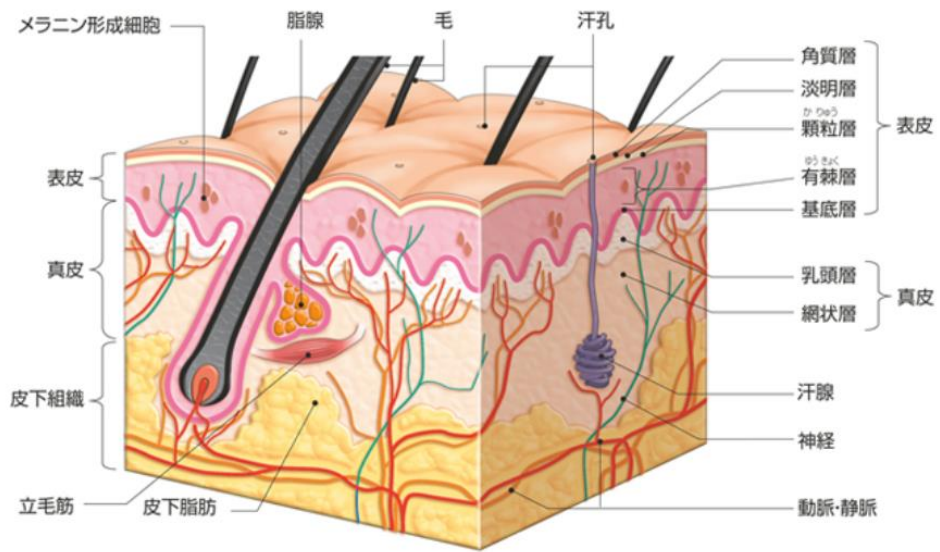


Fig. 2 皮膚の構造⁶²



Fig. 3 マクロス社製 スキンモイスターメーター

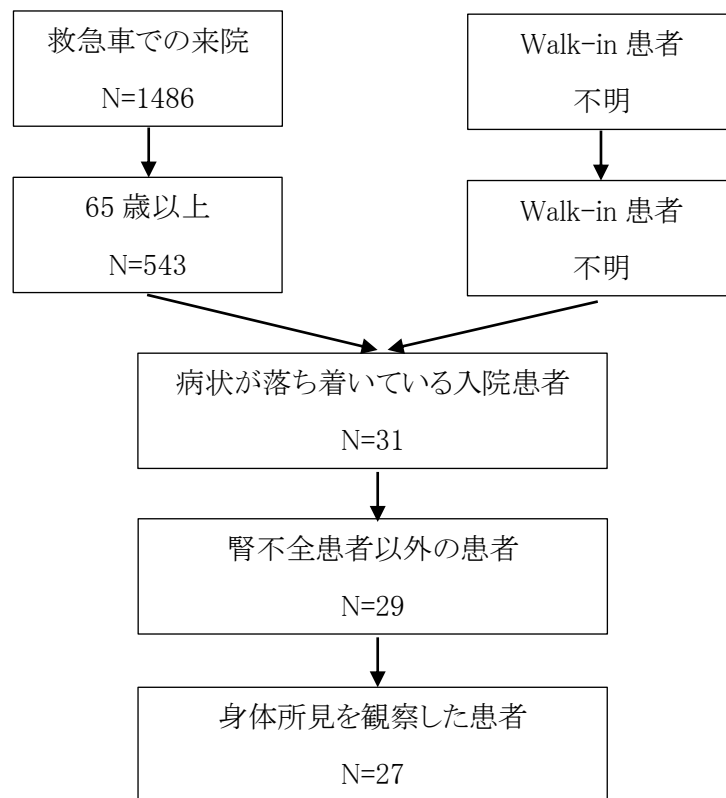


Fig. 4 患者の取り込み

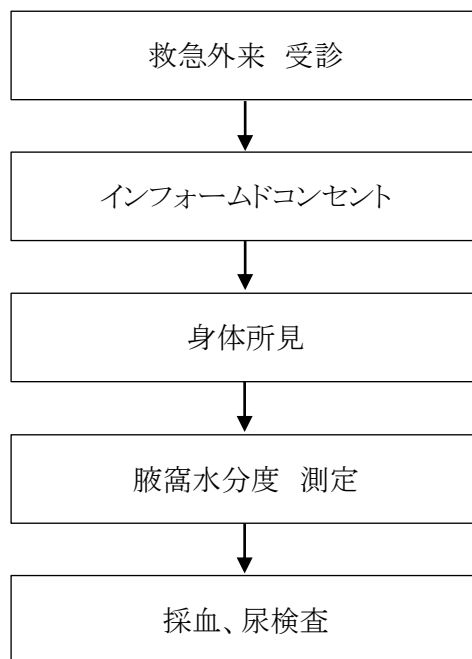


Fig. 5 測定フロー

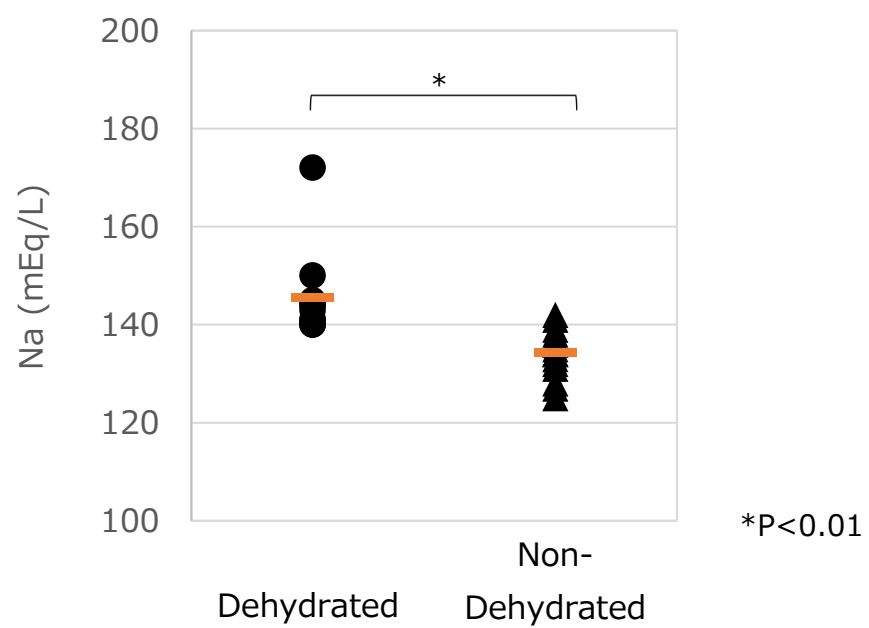


Fig. 6 脱水群、非脱水群における血清ナトリウム濃度の分布

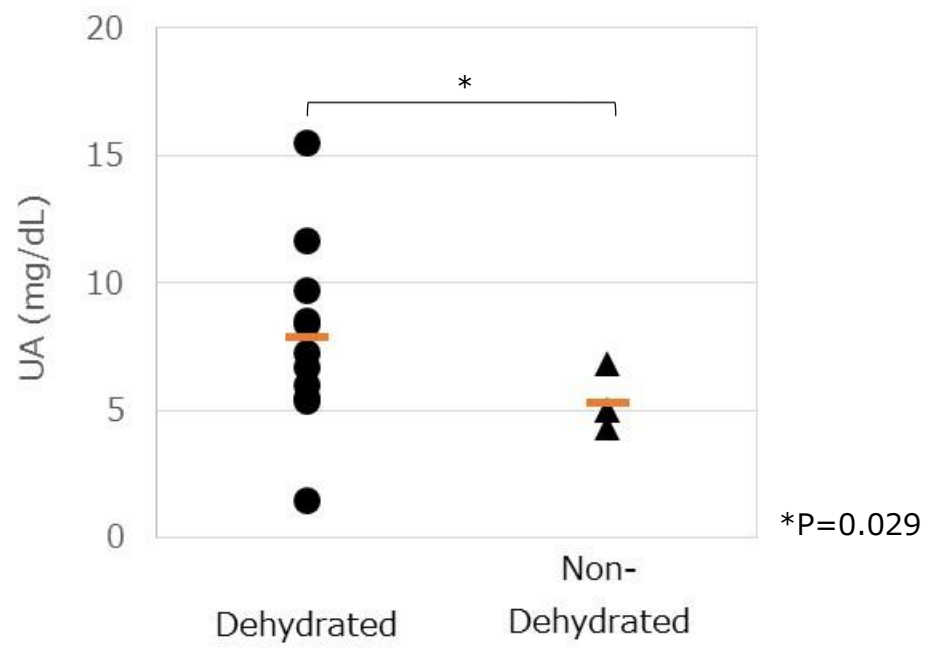


Fig. 7 脱水群、非脱水群における尿酸値の分布

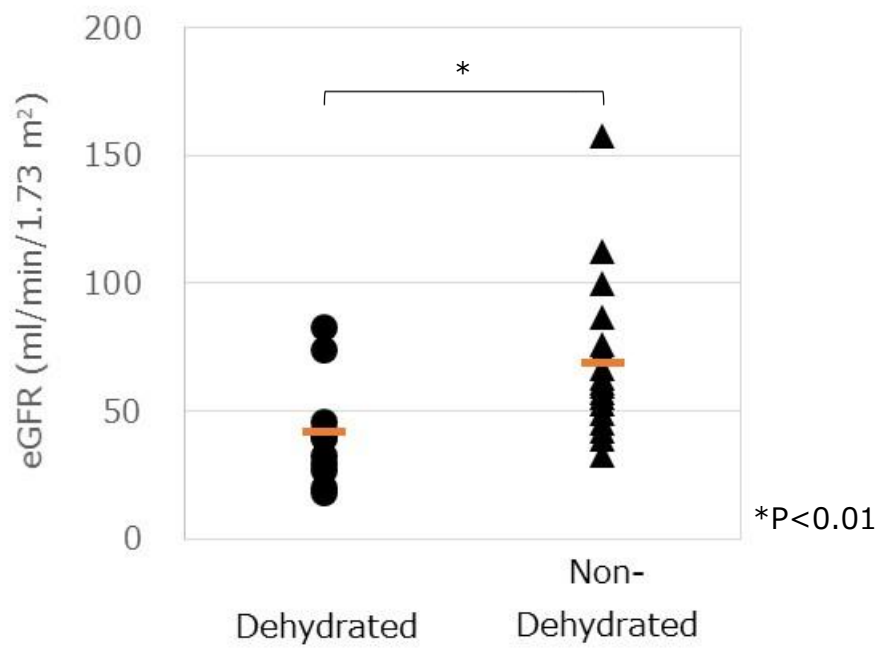


Fig. 8 脱水群、非脱水群における推算糸球体ろ過量の分布

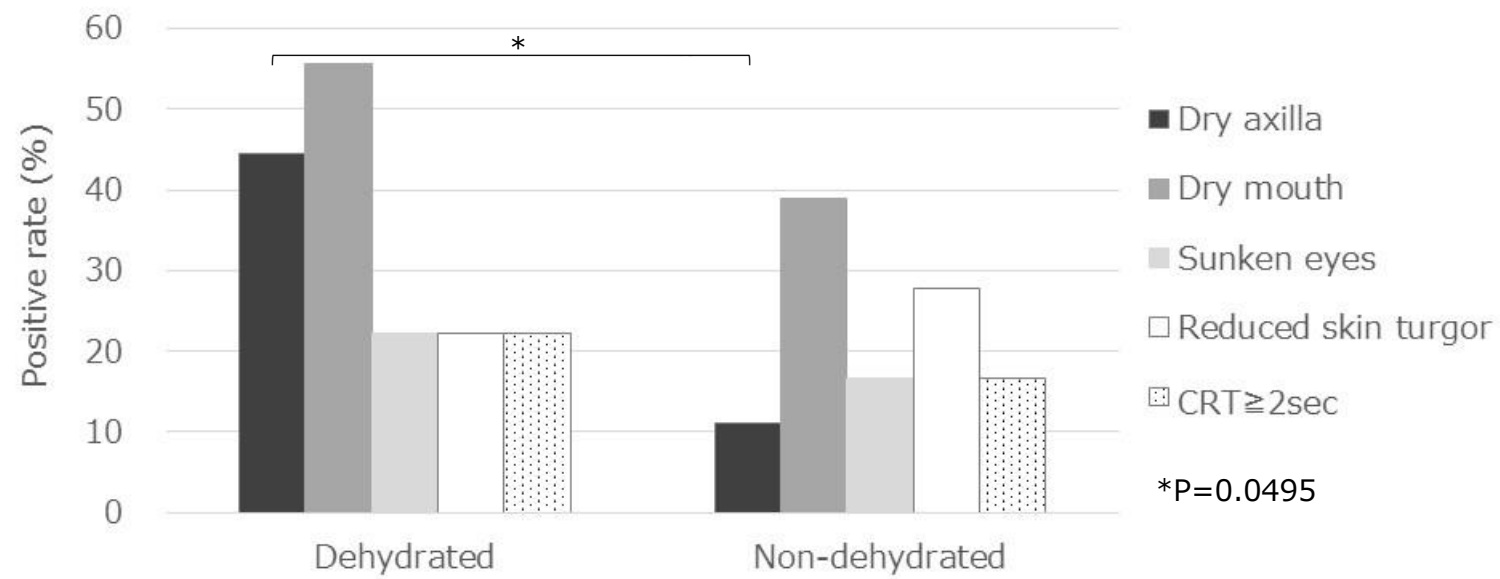


Fig. 9 脱水群、非脱水群における各身体所見の陽性率

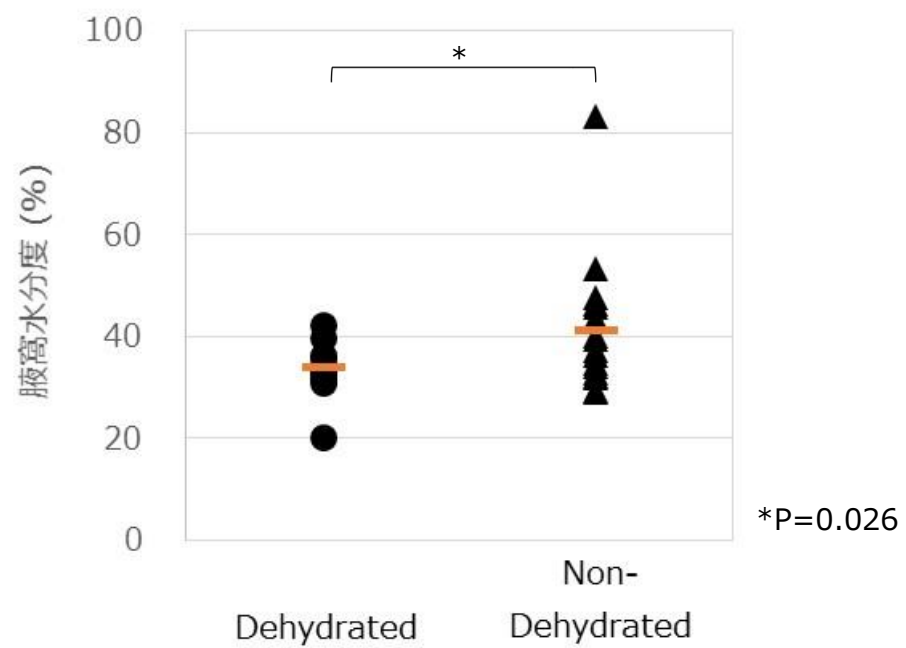


Fig. 10 脱水群、非脱水群における腔窩水分度の分布

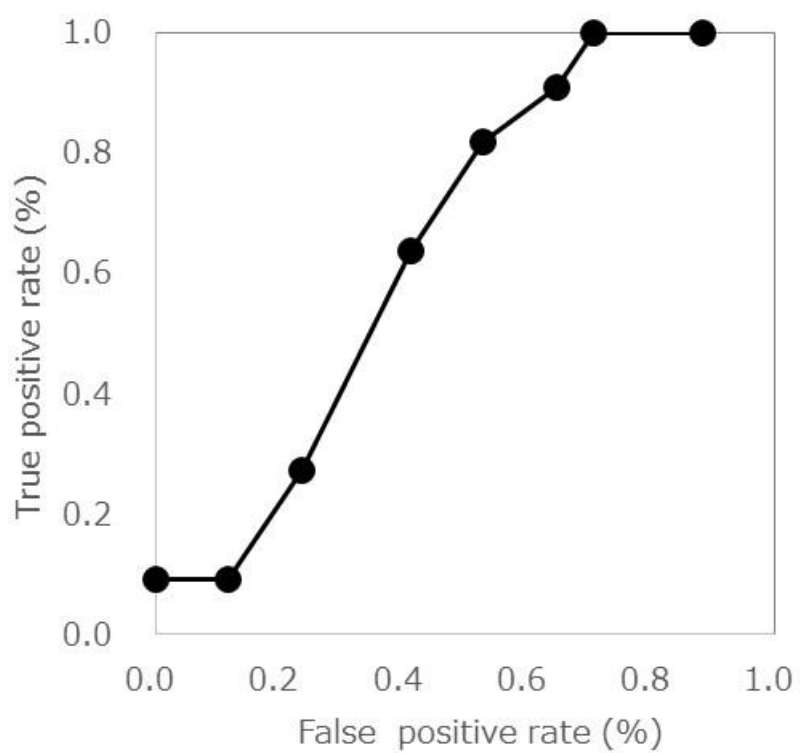


Fig. 11 ROC 曲線