

機関番号：14401

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500617

研究課題名 (和文) 加齢と運動が水分代謝に及ぼす影響－高齢者の運動時の水分摂取推奨値設定に向けて－

研究課題名 (英文) INFLUENCE OF AGE AND PHYSICAL ACTIVITY LEVEL ON BODY WATER BALANCE IN HUMANS

研究代表者

島本 英樹 (SHIMAMOTO HIDEKI)

大阪大学・大学教育実践センター・准教授

研究者番号：50299575

研究成果の概要 (和文)：体水分の代謝回転を水分代謝の指標とし、若年者から高齢者までの幅広い年齢グループを対象に、年齢・身体活動レベルなどの要因が水分代謝に及ぼす影響を検討した。その結果、加齢にともない体水分の代謝回転は著しく低下し、同年齢であれば、身体活動レベルの高い被験者ほど、著しく水分代謝が亢進しており、身体活動量と有意な相関を示した。さらに、腎機能と体水分の代謝回転の関係を算出した結果、高齢者の体水分の代謝回転は、腎機能に関わらず、身体活動レベルによって決定されていた。

研究成果の概要 (英文)：To determine whether factors such as age and physical activity level influence body water balance, body water turnover was investigated in a study population that included both young and elderly subjects. In conclusion, body water turnover decreases with age. In the case of individuals of the same age group, the percentage of body water turnover for the exercise group was significantly higher than that for the sedentary group. Body water turnover was found to be correlated with aerobic fitness and physical activity levels. Furthermore, body water turnover in the elderly was found to be related to the physical activity level, regardless of the level of kidney function.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
20 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
21 年度	500,000	150,000	650,000
22 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：運動生理学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：水分代謝、加齢、身体活動

## 1. 研究開始当初の背景

超高齢化社会を迎えようとしている現代社会では、QOL の維持・向上、疾病の予防あるいはリハビリの目的で、高齢者に対する運

動が盛んに奨励されている。高齢者の生理的特性を考えると、腎機能の低下をはじめ、細胞内液が減少することで体液・電解質の変化への緩衝能が低下し、渴中枢も鈍化していることから、脱水・浮腫等の体水分代謝異常を

起こしやすい。日常的に運動を取り入れるためには、高齢者の水分代謝を考えることは重要である。

日常のライフスタイルの中で水分出納バランスを正確に測定することは困難であるが、水同位体 (deuterium oxide; D<sub>2</sub>O) をトレーサーとして、体水分中のトレーサー濃度の減衰から算出した体水分の代謝回転 (body water turnover; WT) を用いて水分出納バランスを検討する手法は信頼性の高いことが知られている。しかし、この手法を用いて、水分代謝を測定しているグループは数少ない。また、いずれのグループも、加齢についての検討は乏しく、さらに水代謝に大きく影響している腎機能の評価は実施していない。

## 2. 研究の目的

どの程度の運動によって高齢者の体水分異常が起こるのか。高齢者の脱水に腎機能の低下はどの程度関与するのか。これらの課題について腎機能の加齢変化を考慮した先行研究はない。

また、上記の課題を明らかにするためには生体における水分代謝をつかさどる腎臓の機能の影響を本来考慮すべきであるが、言及している先行研究は見当たらない。腎臓医との共同作業によって、高齢者の水分代謝機能に及ぼす運動の影響を解析し、腎機能からみた適切な運動レベルの評価を行うべきである。

高齢者では、腎機能の低下、体水分量の減少、渇中枢の鈍化などによって水分代謝異常を起こしやすく、若年者以上に水分出納バランスに配慮しなければならない。激しい運動時には腎血流量が低下するとされており、さらに脱水を伴うと、腎予備能の低下した高齢者では急性腎不全の発症につながる可能性もある。運動を実践するには、疾患レベルに及ばずとも腎機能が低下している高齢者を対象とした脱水予防のためにも適切な水分摂取推奨値を設定する必要がある。しかし、現状では、残念ながらこれらの検討は皆無である。

本研究では、WT を水分代謝の指標とし、身体活動レベルの異なる若年者から高齢者までの幅広い年齢グループを対象に水分代謝に影響する要因を検討することを目的とする。

## 3. 研究の方法

従来、水分摂取量を算出する方法は摂水あるいは食事記録に基づいて算出されている。しかし、これらの方法では、水分摂取を過小

評価し (Leiper et al. 2003)、誤差も著しく大きいことが報告されている (Schoeller et al. 1996)。さらに、被験者に正確な記録を求めると身体活動自体を制限するので (Raman et al. 2003)、ありのままの水分代謝を測定出来ず、その妥当性に大きな問題を抱えている。

この点で、本研究で用いる WT は、D<sub>2</sub>O 濃度を追跡することで通常の生活の中での水分出納バランスを極めて正確に測定できる利点を有している。

本研究では、運動習慣のない通常のライフスタイルの若年者、運動習慣のある若年者、通常の高齢者、運動習慣のある高齢者、および著しく身体活動レベルの低下した高齢者について、WT を測定し、さらに、クレアチニンクリアランス (CCr) および MDRD 式による推定法を用いて腎機能の評価し、血漿浸透圧、尿・血中のクレアチニンおよび尿素窒素、電解質 (ナトリウム (Na)、カリウム (K) およびクロール (Cl))、尿比重などの項目を測定し、水分代謝を総合的に評価する。また、被験者のライフスタイルを把握するために加速度計を用いたエネルギー消費量を測定し、身体活動レベルを評価する。幅広い年齢層を対象に総合的に高齢者の水分代謝および腎機能やライフスタイルとの関連について検討する。

## 4. 研究成果

### (1) 加齢に伴う水分代謝の変化

加齢に伴い、水分代謝がどの程度の変化を示すかを検討するために、運動習慣のない通常のライフスタイルの若年者と高齢者の WT の比較を行った。その結果、我々の先行研究と同様に、高齢男性の方が若年男性と比較して WT が遅いことが観察された (島本と小宮, 2003; Fig. 1)。つまり、高齢者では加齢に伴

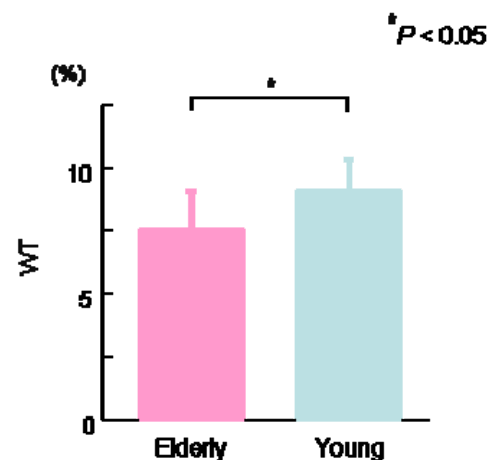


Fig.1 Comparison of WT in elderly and young men.

う体水分の入れ換わりが遅くなり、日常の体水分バランスが著しく低下していることを示した。

日常の生活環境において、体水分の量を一定に保つために、失われた水分量に見合うために水分を摂取することで出納バランスが保たれている。この出納バランスは健康な状態では極めて精巧に調節されており、統合されたホメオスタシスのメカニズムが作用している一例である (Wimore and Costill, 1981)。高齢者ではこれら一連のメカニズムによる水分バランスを崩しやすいと考えられている。具体的には、渇きに対する反応の鈍化 (Phillips et al., 1984; Phillips et al., 1993)、レニン活性やアルドステロン分泌の低下 (Crane and Harris, 1976) などの加齢に伴う変化が報告されている。これら一連の変化は、脱水が高齢者にとって若年者以上に健康上重要な問題となりうる一要因であることを示唆している (Hoffman, 1991)。これらの生理学的変化は若年者より高齢者の WT が遅かった本研究の結果に深く影響するものと考えられる。

WT は被験者の身体活動量に影響を受けることが報告されている。それらの研究では身体活動量の増加とともに、代謝水や呼吸水の生成や発汗量が亢進し、それによって WT が速くなると解釈されている。本研究の結果は、加齢に伴う日常の身体活動量の減少および体力の低下による自発的な活動強度の低下によっても、WT が遅くなったと考えられる。

### (2) 若年者における身体活動の違いと水分代謝の関係

身体活動レベルの異なる若年者の WT の比較を行なった結果、身体活動レベルの増加によって、著しく WT が亢進することを示した。また、我々の先行研究 (Shimamoto and Komiya, 2003) と同様に、WT と有酸素性作業能力である  $VO_{2max}$  および  $VO_{2VT}$  の間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた ( $P < 0.05$ )。また、若年ランナーグループにおいては、WT と測定期間中の走行距離との間にも有意な相関関係が認められた ( $P < 0.05$ )。

有酸素性作業能力の指標である  $VO_{2max}$  および  $VO_{2VT}$  はいずれも運動を実施しているグループが有意に高く、1日当たりの WT 率でも有意に高値を示した。つまり、WT は継続的に持久的トレーニングを実施し、有酸素性作業能力の優れる被験者の方が速かった。この結果は長期的な持久的トレーニングが WT を促進することを示唆している。

WT は被験者の身体活動量に影響を受けることが報告されている。Leiper et al. (2001) は座業従事者のに比べて、一日当たり平均で 50km のトレーニングを実施していた自転車

競技者の WT が有意に速かったことを報告している。この研究期間において両群間で尿量に差がなく、尿以外の水損失は座業従事者のおよそ 3 倍であることも試算している。そして WT に差をもたらした理由を自転車競技者の呼吸水と発汗量による水分損失の増加であるとしている。Fusch et al. (1998) は成人男女 15 名 ( $27.7 \pm 2.8$  歳) を対象に 7 日間の高所環境 (最高 3317m) におけるトレーニング中の WT を測定し、平地と比較して WT が有意に速かったことを報告している。これらの先行研究はいずれも身体活動の増加とともに WT が亢進することを報告している。これら研究と同様に、本研究においても尿量の差よりむしろ呼吸水と発汗量による水分損失の増加が WT の差に影響したものと考えられた。

### (3) 高齢者における身体活動の違いと水分代謝の関係

Fig. 2 に示すとおり、高齢者において、WT と一日当たりの総エネルギー消費量の間には有意な正の相関関係がみられた ( $P < 0.05$ )。Fig. 3 に示すとおり、WT と腎機能の間には相関関係はみられなかった。

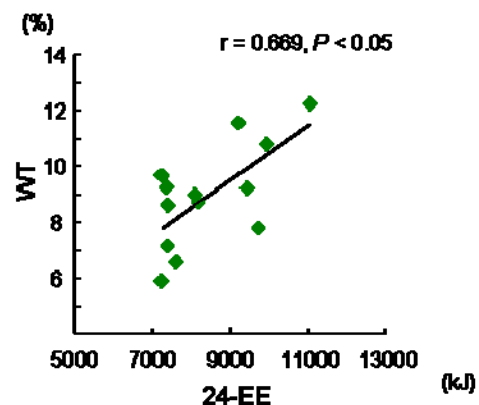


Fig.2 Relationship between WT and 24-EE.

高齢者においても、日常の運動習慣を有する被験者の WT は、運動習慣を有しない被験者の WT より有意に速かった ( $P < 0.05$ )。また、WT は一日当たりの総エネルギー消費量と有意な相関を示したが、腎機能との間には有意な相関は認められなかったことから、WT は加齢に伴う個人差の大きい腎機能の低下よりも身体活動レベルが影響することが明らかになった。

「老化は乾燥の過程である」ともいわれるように、高齢者では若年者に比べて、総体水分量、特に細胞内液量が減少することが知ら

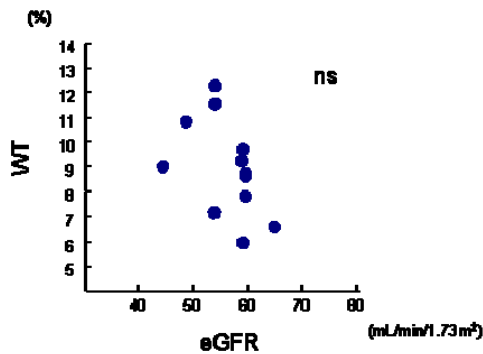


Fig.3 Relationship between WT and eGFR.

れている (Schoeller, 1989)。また、腎機能を中心とした生理学的機能の加齢変化は水分代謝異常を起こしやすく (岡山ら, 1996)、高齢者での体水分の出納バランスは若年者以上に重要になると考えられる。高齢者にとって、十分な水分出納バランスが保たれていることは、腎臓結石、直腸がんおよび膀胱がんなど疾患の予防にとっても重要であることも報告されている (Pearle, 2001; Tang et al., 1999)。これらは水分出納バランスが高いレベルで保たれているということは、健康維持に望ましいことを示唆している。

腎臓は体液の濃度、量および pH を調節し、生体の代謝産物 (老廃物) を排泄することによって、生体の恒常性を維持している。加齢にともない、この腎機能は低下することが知られている。したがって、高齢者において、身体内の水代謝を調節する腎機能と WT との関連を検討することは重要であると考えられるが、これらの点を検討した先行研究は見当たらない。Fig.2 に示すように、高齢者の WT は加速度計で評価した身体活動量と有意な正の相関を示した。しかし、腎機能とは有意な相関が観察されなかった (Fig.3)。つま

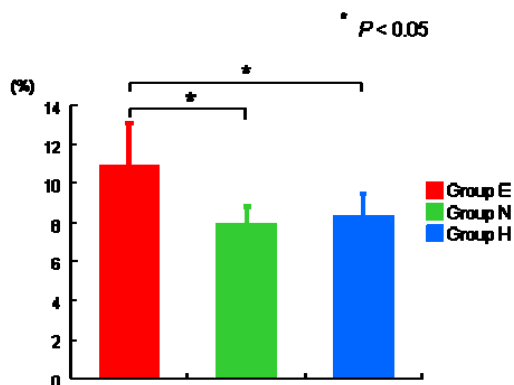


Fig.4 Comparison of WT among 3 groups.

Group E 運動習慣のある高齢者  
Group N 通常のライフスタイルの高齢者  
Group H 入院中の高齢者

り、これらの結果は加齢にともなう腎機能の変化よりも、WT は日常の身体活動量の大小によって大きく影響を受けていることを意味している。前述したように、速い WT が高齢者の健康維持のために有効であることを考えると、腎機能の加齢変化は不可避であるが、身体活動量の増加により、WT の亢進をもたらすことができることを示唆された。

しかし、著しく身体活動レベルの低下したグループの WT については、運動習慣のない通常の生活をしているグループとの差が認められなかった (Fig.4)。この結果は、ベッドレストによって身体活動量を著しく制限した先行研究 (Blanc et al., 1998) の結果と同様であるが、その理由の詳細については今後の検討課題である。

## 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 7 件)

① 島本英樹, 生体内における水の重要性—体水分の入れ換わる速度に着目して—身体運動文化論攷, 9, 2010, pp. 1-20. (査読有)

[学会発表] (計 12 件)

① Shimamoto, H. Comparison of the body water turnover of elderly people with 3 different levels of physical activity. The 10th International Congress of Physiological Anthropology, 2010. 9. 10

② Shimamoto H., and Moriyama T. Body water turnover in elderly men and its association with physical activity and kidney function. The 15th annual congress of European College of Sport Science, 2010. 6. 25

[図書] (計 2 件)

① 島本英樹, 他, 南江堂, 学生と健康—若者のためのヘルスリテラシー—, 2011, pp. 23-24.

② 島本英樹, 他, 朝倉書店, 健康づくりトレーニングハンドブック, 2010, pp. 96-99.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

島本 英樹 (SHIMAMOTO HIDEKI)  
大阪大学・大学教育実践センター・准教授  
研究者番号: 50299575

### (2) 研究分担者

守山 敏樹 (MORIYAMA TOSHIKI)  
大阪大学・保健センター・教授  
研究者番号: 30283815