

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19500596

研究課題名（和文） 現代日本人の水分摂取基準算定に関する調査的研究

研究課題名（英文） Determination of the optimal daily water intake in Japanese adults

研究代表者

芳田 哲也 (YOSHIDA TETSUYA)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・准教授

研究者番号：00191601

研究成果の概要：

体重計測より測定した成人男女における水分出納の結果について、季節（環境温度）別に発汗と不感蒸泄による水分損失量（ ΣS ）と身体活動量（エネルギー消費量）との相関を求めた。この回帰式から季節別・身体活動レベル別に ΣS を算出し、さらに排便・排尿による水分損失量（ ΣU ）を加えて身体活動レベル毎の水分摂取基準を季節別に示した。また生活現場応用を目的として、冬季の身体活動レベルが低い(I)時の ΣS を基準として、その差分を季節・身体活動レベル別に求めた。その結果、標準体重を有する普通の活動レベル（II）である日本人では、冬季の低い活動レベル（I）に比べて夏季では男性 1.1kg、女性 0.9kg 程度多く水分を摂取する等、現代日本人（成人男女）における具体的な水分摂取基準を作成・提示できた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：運動・環境生理学

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：(1) 環境 (2) 衛生 (3) 人間生活環境 (4) 熱中症 (5) 地球温暖化

1. 研究開始当初の背景

近年、空調設備等の普及によって極悪環境に暴露されることが少なくなった現代人においては、日常生活で暴露される環境温度の幅が狭くなり、人間の暑熱・寒冷適応能力が減退していることが示唆されている。さらに過剰なエネルギー消費は都心部のヒートアイランド化を加速し、CO₂の排泄増加と競合して地球温暖化を導いている。これらの社会現

象が密接に関連し、近年では熱射病や日射病などの熱中症が多発していると考えられる。

熱中症発生の主な原因は脱水と高体温であり、脱水は高体温を加速する。脱水と高体温を阻止するためには、休憩と水分補給および身体冷却が効果的であるのは周知のとおりである。しかし環境条件はもとより性・年齢や暑熱馴化能力、及び着衣条件や生活内容（活動・運動強度）によって人の体温上昇や

発汗量(脱水量)は容易に異なる。したがって日常生活時に発生する熱中症を激減させるためにはその発生要因、つまり脱水を回避することが肝要であり、そのためにはヒートアイランド化を伴う高温多湿な気候で生活している現代日本人における人的・生活・環境条件別の適切な1日の水分摂取基準を確立することが必要である。

しかし厚生労働省が策定している「日本人の食事摂取基準(2005年版)」では水分摂取基準については記載がなく、日本人の水分出納に関する基礎的資料もデータ収集の煩雑さから極めて少ないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では成人男女における1日の水分出納の実測値から、現代日本人における熱中症予防のための適切な1日の水分摂取基準を確立することを目的とする。

そのために、(1)水分出納を簡便に測定できる方法を検証する。具体的には体重計測のみによる水分出納の測定結果を、重水を用いた方法と比較する。(2)発汗や不感蒸泄を含む1日の水分出納を様々な人的・生活条件(年齢・性・活動性)および環境的条件(温度・湿度)において測定して、水分出納の変動因子を定量化する。(3)これらの実験・調査結果を詳細に検討して、熱中症予防のための1日の人的(性・年齢)、生活(活動量)、環境(温度・湿度)条件別の水分摂取基準を確立する。

3. 研究の方法

(1)体重計測による水分出納の測定方法

①最初に基本となる裸体体重(BW1)を最小表示10gの体重計(AND, FW-100K)にて測定する。

②1日の生活中に生じた全ての飲食前後、排便・排尿前後に着衣のまま体重を、持ち運びに便利な最小表示50gの体重計(Yamato, DH-701)を用いて測定する。計測値は全て所定の記録用紙に自己記入させる。

③これらの体重の増減量を合計して1日の総摂取重量(ΣIN)と排便・排尿による損失重量(ΣU)を算出する。また入浴前後、および就寝前と起床時、運動選手は練習前後に裸体体重を測定し、入浴時(Bath)、睡眠時(Sleep)、および練習時(Practice)の水分損失量を算出する。

④最後に測定開始後24時間目に裸体体重(BW2)を再び測定する。

⑤不感蒸泄と発汗による1日の水分損失量(ΣS [$BW1+(\Sigma IN-\Sigma U)-BW2$]), 総水分損失量(ΣOUT [$\Sigma S+\Sigma U$]), および ΣS からBathとSleepを除いた活動時の水分損失量(Others)を算出する。

(2)体重計測より求めた水分出納における測

定精度の検証:成人男子5~10名を対象として冬期に体重計測のみにより簡便に水分出納を測定し、英国の自転車競技者や一般成人男子を対象として冬期に重水を用いて測定した値(Leiper et al:2001)と比較する実験を実施する。

(3)人的・生活・環境条件別水分出納の測定:成人男女を対象とし、水分出納の測定に平行して歩数計と心拍数計、および自己記入による生活時間調査から1日のエネルギー消費量を算出し、さらに携帯用温度計を被験者に所持させ被験者が暴露された環境温度を測定して水分出納に影響する性差・性周期、環境温度(季節)、活動量の影響を明らかにする。

①環境温度(季節)の影響:成人男女10名程度を対象に春~冬に各々2回以上、通常の生活に大きな隔たりのない、各個人の一般的な日常生活時に水分出納の測定を実施する。

②活動量の影響:積極的に活動(運動)を行った日や重作業を実施した日について、①と同様の被験者を対象に春~冬に各々2回以上水分出納の測定を実施する。

③性差及び性周期の影響:上記①、②について男女別にデータを整理して、水分出納の性差を明らかにする。また女性のみを対象に卵胞期と黄体期にも調査を実施し、水分出納に与える性周期に影響を明らかにする。

(4)1日の水分摂取基準の算定:これまで実施した水分出納の測定結果を詳細に検討し、水分損失量(ΣS , ΣOUT)と1日のエネルギー消費量との相関関係を環境温度(季節)別(夏、春・秋、冬)にグラフ化し、身体活動レベル別(I, II, III)に整理して、水分出納が ± 0 ($\Sigma IN-\Sigma OUT$)となるように季節別身体活動レベルに対する1日の水分摂取基準を算定する。

4. 研究成果

(1)体重計測による水分出納の測定精度

英国の自転車競技者や一般成人男子を対象として冬期に重水を用いて測定した値(Leiper et al:2001)と本研究の体重計測より求めた水分出納の測定値を比較した。その結果、体重測定により求めた水分出納測定値はLeiper et al (2001)の測定値と類似していた。

(2)人的・生活・環境条件における水分出納

①環境温度(季節)の影響:夏季では冬季に比較して1日の生活暴露温度が高く、同等のエネルギー消費量(kcal/kg/day)における不感蒸泄を含む発汗量(ΣS)は夏季が多く、環境温度と ΣS には有意な相関関係が認められた。しかし排便・排尿による損失重量(ΣU)は冬季が高値、夏季が低値を示す傾向がみられた。

②活動量の影響:積極的に活動(運動)を行った日や重作業を実施した日の ΣS は通常の日よりも顕著に多く、その傾向は夏季や冬

季にも認められた。また図1に示したように、1日のエネルギー消費量(kcal/kg/day)と体重当たりのΣSとの間には男女を統合すると夏季($y = 0.6069x + 7.0884$, $R^2 = 0.3675$, $n=34$), 冬季($y = 0.5504x - 4.3622$, $R^2 = 0.5038$, $n=37$), 秋季を含む全測定日($y = 0.597x - 1.0178$, $R^2 = 0.2614$, $n=106$)において、それぞれ有意な正の相関関係が認められたが、回帰直線の傾斜(0.55~0.60)は季節間で類似していた。また積極的に活動(運動・労働)した日の睡眠時による水分損失量(Sleep)は男女共に通常日より有意に少なかったが、運動の有無によるΣUの顕著な差異は認められなかった。

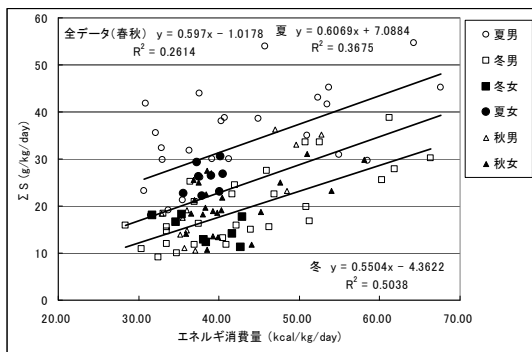


図1. エネルギー消費量とΣSとの相関

③性差の影響: 上記①, ②について、男性と女性の測定値を検討した結果、それぞれの絶対値(kg/day)は男性が顕著に高値を示したが、生活暴露温度や1日のエネルギー消費量を男女同等にすると、体重当たり(g/kg/day)のΣIN, ΣOUT, ΣS, ΣU等の水分出納を示す測定値には顕著な男女差はみられなかった。しかし男性のΣUは環境温度が上昇すると減少する傾向を示し、夏季, 秋季, 冬季の生活暴露温度(°C)とΣUとの間に有意な負の相関関係($y = -0.4608x + 29.695$, $R^2 = 0.1439$, $p < 0.05$)が認められた。しかし、女性については季節間におけるΣUの顕著な変動は認められなかった。またΣINとΣUとの間には男女・季節別にそれぞれ有意な相関関係が認められたが、男性の夏季測定値は女性の夏季・秋季, 及び男性の冬季に比べてΣINに対するΣUの上昇が小さく、回帰直線の傾斜が最も小さかった。

④性周期の影響: 女性6名を対象に性周期が水分出納に与える影響について調査した結果、春・秋ではΣSは黄体期が卵胞期に比較して少ない傾向を示し、ΣSから入浴時(Bath)と睡眠時(Sleep)を除いた活動時の水分損失量(Others)は黄体期が有意に低値を示した。しかし同じ成人女性を対象に夏季にも同様の調査を実施した結果、春・秋にみられた卵胞期と黄体期によるΣSやOthers

の違いは認められなかった。

(3) 1日の水分摂取基準の算定

①水分摂取基準算定の根拠: 1日の水分摂取基準については、脱水を回避するための水分摂取量を季節別・身体活動量別に算定する必要がある、それには本研究のΣOUT(ΣU+ΣS)を用いることが肝要と考えられる。しかし、上述したごとく(研究成果③)ΣOUTを構成するΣUは水分摂取量(ΣIN)の影響を受けるので、各個人のばらつきが大きく、さらに環境条件(生活暴露温度)とΣUの関係は性差が認められた。また活動量(エネルギー消費量)や環境温度(季節)にはΣINやΣOUTよりもΣSが鋭敏に反応し、エネルギー消費量とΣSとの間には季節別に有意な相関関係が認められた(研究成果②)。つまり運動を積極的に実施するとエネルギー消費量が増加するため発汗や不感蒸泄が増加してΣSが増える。また、環境温度が高くΣSが多くなる夏季に水分を多く摂取するとΣUが増加する。このように本研究の結果から水分の損失量や摂取量を変化させている要因は環境温度とエネルギー消費量の変化であり、それに鋭敏に反応するのはΣSであることが示唆される。したがって本研究ではΣOUTの実測値を1日の水分摂取基準算定には用いず、ΣOUTを構成しているΣSを各季節別のエネルギー消費量とΣSとの相関回帰式を用いて身体活動レベル毎に推定し、別途に算出したΣUの基準値とΣSを加算してΣOUTを算出し、季節別身体活動レベルに対する1日の水分摂取基準を算定した。

②水分摂取基準算定の具体的方法:

a) 身体活動レベルについては、日本人の食事摂取基準2005年版(厚生労働省)に掲載されている性・年齢別基礎代謝(18~29歳の男, 18.6体重+347; 女, 18.3体重+272)の倍数(低い(I)[1.5倍], 普通(II)[1.75倍], 高い(III)[2.0倍])とし、それに相当するエネルギー必要量(kcal/day)を日本人の成人男女の基準体重(男64.7kg, 女51.2kg)を用いて算出した。

b) ΣSについては、身体活動レベルに相当するエネルギー必要量を本研究のエネルギー消費量と同等と考え、エネルギー消費量とΣSとの回帰直線から、季節別にΣSを身体活動レベル毎に算出した。

c) ΣUについては運動の有無による顕著な差異は認められず、さらに女性は季節による顕著な変動も見られなかったことから、女性のΣUは全測定値の平均値を採用し、男性については環境温度とΣSの回帰式($y = -0.4608x + 29.695$)を使用して、夏季は28°C, 秋季20°C, 冬季15°Cとして、環境温度別にΣUを算出した。

表1. 各季節における身体活動レベル別1日の食事を含む水分摂取基準 (kg/day)

身体活動レベル	低い(I)	普通(II)	高い(III)
夏季 (28°C)			
男 (kg/day)	2.9	3.2	3.4
女 (kg/day)	2.6	2.8	3.0
冬季 (13°C)			
男 (kg/day)	2.5	2.7	2.9
女 (kg/day)	1.9	2.1	2.2
秋・春季 (20°C)			
男 (kg/day)	2.6	2.9	3.1
女 (kg/day)	2.2	2.3	2.5

注① 値は標準体重 (男64.7kg, 女51.2kg)を有する18~29歳の成人を対象としたもの。

注② 各季節の温度 (°C) は日平均を示す。

表2. 各季節における不感蒸泄を含む発汗量の身体活動レベル別区分

身体活動レベル	低い(I)	普通(II)	高い(III)
夏季			
男女統合 (g/kg/day)	28.7	32.4	36.0
男 (kg/day)	1.9	2.1	2.3
女 (kg/day)	1.5	1.7	1.8
冬季			
男女統合 (g/kg/day)	15.3	18.6	21.8
男 (kg/day)	1.0	1.2	1.4
女 (kg/day)	0.8	0.9	1.1
春・秋季			
男女統合 (g/kg/day)	20.3	23.8	27.4
男 (kg/day)	1.3	1.5	1.8
女 (kg/day)	1.0	1.2	1.4

注① 値 (kg/day) は標準体重 (男64.7kg, 女51.2kg)を有する18~29歳の成人を対象としたもの。

表3. 冬季の身体活動レベルが低い(I)時の水分摂取量よりも多く摂取する夏季および春・秋季の水分量

身体活動レベル	低い(I)	普通(II)	高い(III)
夏季 (28°C)			
男 (kg/day)	0.9	1.1	1.3
女 (kg/day)	0.7	0.9	1.0
冬季 (13°C)			
男 (kg/day)	—	0.2	0.4
女 (kg/day)	—	0.1	0.3
秋・春季 (20°C)			
男 (kg/day)	0.3	0.5	0.8
女 (kg/day)	0.2	0.4	0.6

注① 値は標準体重 (男64.7kg, 女51.2kg)を有する18~29歳の成人を対象としたもの。

注② 各季節の温度 (°C) は日平均を示す。

③ 季節別身体活動レベルに対する1日の水分摂取基準: 表1は上記②のa~c)に示した算出方法によって求めた ΣS と ΣU を合計し, 身体活動レベル別による各季節の ΣOUT , つまり脱水を回避できる1日の(食事を含む)水分摂取基準を示す。しかし, この数値は各季節において身体活動レベル別に1日に摂取すべき水分摂取量について, 食事を含んだ総

量を示したもので, 食事以外に摂取すべき水分量の基準ではないために, 日常生活における水分摂取の指針として, 実践応用は難しいと思われる。

そこで本研究では, 表1と同様に標準体重を有する18~29歳の男女を対象として, 先に求めた ΣS を各季節の身体活動レベル別に表2に示した。さらに表2中, 冬季の身体活動レベルが低い(I)時の ΣS を基準として, その差分を各季節の身体活動レベル別に表3に示した。その結果, 標準体重を有する普通の活動レベル(II)である日本人では, 例えば活動レベルが低い(I)冬季に比べて夏季では男性1.1kg, 女性0.9kg程度多く水分を摂取する必要性を提示した水分摂取の具体的な指針を示すことができた。

本研究では, 高齢者や子どもについても水分出納の調査を実施したが, 被験者数が少なく, 年齢階級を考慮した水分摂取基準算定には至らなかった。

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久米雅, 芳田哲也, 常岡秀行, 木村直人, 伊藤孝, 水循環スーツを着用した運動時の体温調節反応と冷却面積, 冷却容量との関係, 体力科学, 58 (1) 109-122, 2009, 査読有

②中井誠一, 新矢博美, 芳田哲也, 寄本明, 井上芳光, 森本武利: スポーツ活動および日常生活を含めた新しい熱中症予防対策の提案-年齢, 着衣及び暑熱順化を考慮した指針-, 体力科学 56 (4) 437-444, 2007, 査読有

[学会発表] (計10件)

①溝辺宣之, 近澤祐樹, 芳田哲也, 常岡秀行: 夏季輻射熱を再現した運動時の体温調節反応に与える衣服の影響, 平成20年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, 69-72, 2008年12月6日, 京都府

②出町耕一, 芳田哲也, 寄本明, 新矢博美, 中井誠一: 1日の水分出納に与える運動の影響, 日本生気象学会誌, 45 (3) S19, 2008年11月23日, 奈良県

③松岡広恵, 新矢博美, 中井誠一, 芳田哲也, 寄本明: 夏季と冬季における小児の水分出納, 日本生気象学会誌, 45 (3) S20, 2008年11月23日, 奈良県

④吉居尚美, 中井誠一, 芳田哲也, 寄本明, 森本武利: 環境条件の変化に伴う運動時の尿中・汗中塩分量, 日本生気象学会誌, 45 (3) S21, 2008年11月23日, 奈良県

⑤寄本明, 新矢博美, 中井誠一, 芳田哲也

: 体重計測から求めた中高年者の水分出納,
日本生気象学会誌, 45 (3) S54, 2008 年 11
月 23 日, 奈良県

⑥寄本明, 中井誠一, 新矢博美, 芳田哲也
: 学校管理下における高校生の熱中症に関
する意識とその実態, 第 63 回日本体力医学
会大会予稿集, 177, 2008 年 9 月 18 日, 大分
県

⑦新矢博美, 藤松典子, 芳田哲也, 寄本明
, 中井誠一: スポーツ活動時の水分摂取基準
算定に関する調査的研究, 第 63 回日本体力
医学会大会予稿集, 206, 2008 年 9 月 18 日,
大分県

⑧中井誠一, 南利幸, 芳田哲也, 寄本明:
草津市及び近隣都市における熱中症発生の
実態, 日本生気象学会雑誌, 44 (3) S71, 2007
年 11 月 24 日, 愛知県

⑨芳田哲也, 中井誠一, 新矢博美, 寄本明
: 体重計測より求めた水分出納から 1 日の水
分摂取基準を算定する試み, 日本生気象学会
雑誌, 44 (3) S81, 2007 年 11 月 24 日, 愛知
県

⑩南利幸, 芳田哲也, 寄本明, 中井誠一:
滋賀県草津市の気象特性, 日本生気象学会雑
誌, 44 (3) S86, 2007 年 11 月 24 日, 愛知県

[図書] (計 1 件)

①森本武利監修, 中井誠一・寄本明・芳田
哲也編著: 高温環境とスポーツ運動-熱中症
の発生と予防対策-篠原出版新社, 2007, pp94

6. 研究組織

(1) 研究代表者

芳田 哲也 (YOSHIDA TETSUYA)
京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・
准教授
研究者番号: 00191601

(2) 研究分担者

中井 誠一 (NAKAI SEIICHI)
京都女子大学・家政学部・教授
研究者番号: 90090092

新矢 博美 (SHIN-YA HIROMI)
京都女子大学・発達教育学部・教授
研究者番号: 70201564

寄本 明 (YORIMOTO AKIRA)
滋賀県立大学・国際教育センター・教授
研究者番号: 30132278

(3) 連携研究者