

## 性周期に伴なう総体水分量の変化

小室, 史恵  
九州大学健康科学センター

<https://doi.org/10.15017/477>

---

出版情報 : 健康科学. 9, pp.109-115, 1987-03-28. Institute of Health Science, Kyushu University  
バージョン :  
権利関係 :

# 性周期に伴なう総体水分量の変化

小室 史 恵

## Change of Total Body Water During Menstrual Cycle

Toshie KOMURO

### Summary

Menstrual cycle-associated total body water (T. B. W.) changes were evaluated with 5 healthy young females ( $18.4 \pm 0.55$  years). T. B. W levels were higher in the ovulation and luteal phase ( $23.6 \pm 0.84\%$ ) than in the follicular and menstrual phase ( $22.9 \pm 0.64$ ,  $p < 0.01$ ). It was thought that this change was caused by change for extra-cellular water. Over 1 hormone concentration of 3 hormones (Progesterone,  $E_2$ , Aldosterone) were higher on the phase that T. B. W. were high (I phase, Low T. B. W; II phase). Urine adrenaline concentration changed significantly depending on menstrual phase from  $15.5 \pm 6.35$  (I) to  $9.1 \pm 4.29$  (II) mcg/l ( $p < 0.05$ ) which indicated higher function of autonomic nervous system.

The estimated % FFM and % Fat on higher T. B. W. phase is about 2% over than that on lower T. B. W. phase.

(Journal of Health Science, Kyushu University, 9: 109-115, 1987)

### 諸 言

総体水分量は、FFM (Fat-Free-Mass: 除脂肪量) に対する総体水分量の割合が一定であるという Pace and Rathbun ら<sup>1)</sup> の報告に基づいて、身体組成推定に用いられている。しかしながら、総体水分量は生体内外の環境の影響を受け、とりわけ成人女性においては、月経周期に伴なう著しいホルモンの変動によって月経前に水分の貯留が観察されている<sup>2)</sup>。そのため、女性の身体組成に対するトレーニング効果を判定する場合には、月経周期中の各期による変化を明らかにする必要がある。

そこで、本研究では、(1)総体水分量が月経周期の各期によってどの程度差が見られるのか、(2)その差が身体組成を推定する上でどの程度影響を受けるのか、(3)総体水分量に影響を及ぼすと考えられるホルモン、血液成分の動態について検討を行った。

### 被験者ならびに測定方法

被験者は、2ヶ月以上の基礎体温の測定の結果、二相性の月経周期を持つと判定された18~19歳の女子大学生5名である。トレーニング、水代謝、糖代謝(グリコーゲン利用時に水が解離)<sup>10)</sup>に及ぼす影響を除くために、全被験者とも運動習慣の無い者を選んだ。測定する各期の設定は、被験者で異なり、Sub. A.H: 卵胞期と黄体期、Sub. E.K: 月経期と卵胞期、Sub. T.U: 月経前期と卵胞期、Sub. K.K: 排卵期と月経期、Sub. Y.O: 黄体期と月経期である。月経周期の各期の判定には、基礎体温曲線と、血中女性ホルモン( $E_2$ , プロゲステロン)濃度を指標に用いた。

総体水分量を測定するために、被験者は一中夜空腹の状態の実験室に来訪し、排尿後、体重1kg当り1gの重水を水で20%に希釈したものを投与された。1時間毎に3回の採尿を行ない、この尿中重水濃度を測定

した。

重水 (D<sub>2</sub>O) の分析は、分光の赤外部位中の 2513 cm<sup>-1</sup> での O-D の振動バンドを基礎とした HDO の吸光度を測定して行った。そのため予め蒸留を行い、この部位付近に存在する多くの阻害物質を分離した。蒸留後のサンプルは、分析に用いるまで冷蔵保存した。サンプルの分析は、光路長 0.073mm の赤外分光々度計用固定セル (CaF<sub>2</sub>) に順次注入し、D<sub>2</sub>O 濃度を Stansell and Mojica<sup>15)</sup> の方法を用い、赤外分光々度計 (日立製 260-50 型) によって測定した。総体水分量は、体内平衡状態における重水濃度から、次式を用いて算出した。

$$TBW (\ell) = gD_2O \text{ given} / \%D_2O \times 10$$

(gD<sub>2</sub>O given: D<sub>2</sub>O 投与量, %D<sub>2</sub>O: 尿中 D<sub>2</sub>O 濃度)

尚、2回目の測定は、1回目の測定から約2週間あけて行った。2回目の測定では、体内に残存している

D<sub>2</sub>O の影響を除くため、Wang ら<sup>16)</sup> の方法を用いて投与前の尿中 D<sub>2</sub>O 濃度を投与後の各尿中 D<sub>2</sub>O 濃度から減じて算出を行った。

身体組成の測定は Hamwi and Urback<sup>3)</sup> の式を用いて、除脂肪量 (FFM), 細胞内固型物 (Cell Solids (S)) およびミネラル量 (Mineral Mass (M)) を算出した。

$$\%FFM = \%TBW / 0.732$$

$$\%S = \%FFM - (\%TBW + \%M)$$

$$\%M = 0.07 \times \%TBW / 0.732$$

血液に関しては、RIA 法により、E<sub>2</sub>, Progesterone, Aldosterone を測定した他、Hb, Hct, Albumin と Globulin の測定を行った。又、HPLC 法によって尿中カテコラミン分画の測定を行った。

## 結 果

表1は、各被験者の年齢、月経周期、実験日 (月経

Table 1. Experimental day and physical characteristics of subjects

Subj	Age yrs	Menstrual cycle days	Exp. day		Body weight		T.B.W		Height (cm)
			I	II	I	II	I	II	
			th	th	kg	kg	ℓ	ℓ	
A,H	18	36	34	13	49.37	48.36	24.9	23.5	161.4
E,K	19	45	1	16	48.49	47.21	23.3	22.9	153.2
T,U	18	23	23	6	46.62	47.09	22.7	22.0	155.7
K,K	19	36	27	5	47.09	46.30	23.3	22.4	154.2
Y,O	18	24	21	5	46.30	44.78	24.0	23.4	155.6
Mean	18.4	32.6			47.57	46.75	23.6	22.9*	156.0
S.D	0.55	9.53			1.307	1.320	0.84	0.64	3.18

\*: symbol represent statistically significant difference (p<0.01) between I and II

Table 2. Influence of menstrual cycle to culculated body composition component by T.B.W method

Subj	phase	T.B.W(%)	F.F.M(%)	FAT(%)	M(%)	S(%)
A,H	I (L)	50.4 (0)	68.9 (0.3)	31.1 (-0.3)	4.8 (0)	13.7 (0.2)
	II (F)	50.3	68.6	31.4	4.8	13.5
E,K	I (M)	48.1 (-0.4)	65.6 (-0.7)	34.4 (0.7)	4.6 (0)	12.9 (-0.3)
	II (F)	48.5	66.3	33.7	4.6	13.2
T,U	I (BM)	49.7 (1.0)	67.9 (1.3)	32.1 (-1.3)	4.8 (-0.1)	13.4 (0.4)
	II (F)	48.7	66.6	33.4	4.9	13.0
K,K	I (O)	49.7 (1.3)	67.6 (1.5)	32.4 (-1.5)	4.7 (0.1)	13.2 (0.1)
	II (M)	48.4	66.1	33.9	4.6	13.1
Y,O	I (L)	52.7 (0.4)	72.0 (0.6)	28.0 (-0.6)	5.0 (0)	14.3 (0.1)
	II (M)	52.3	71.4	28.6	5.0	14.1

(L):Luteal, (F):Follicular, (M):Menstrual, (O):Ovulation, (BM):Before Menstral,

開始日を第1日とする), 実験日の体重および総体水分量, 身長を表わしたものである。表中Iは, 2回の測定のうち総体水分量の多かった日, IIは少なかった

日である。

体重は, I期が $47.57 \pm 1.307\text{kg}$ , II期が $46.75 \pm 1.320\text{kg}$ で, 平均値で820gの差があったが有意差は認めら

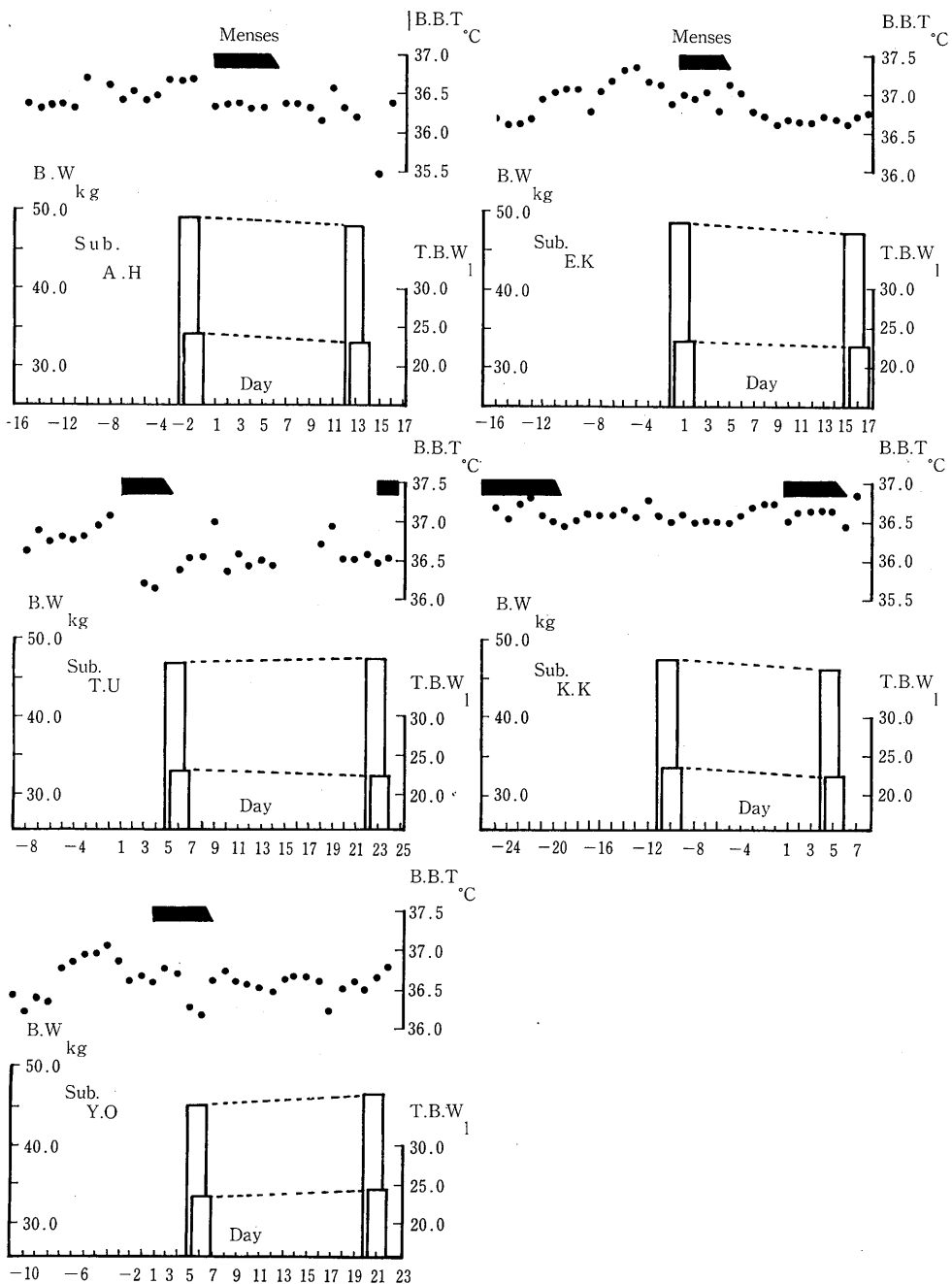


Fig. 1 Basal body temperature, body weight and total body waer on different menstrual phases.

れなかった。

総体水分量は、平均値で約700mlの差があり、1%水準で有意差が認められた。

図1は、各被験者ごとに測定期間中の基礎体温の記録と月経日を記入し、各測定日が周期のどのあたりに存在するのかわかりやすくしたものである。被験者の年

齢が月経周期が安定するには若かったこと、測定期間が夏期であったために、この期間の基礎体温曲線が二相性とはいえない者も観察された。ホルモン濃度等から判定された各期は、各被験者によって異なっているが、卵胞期や月経期に比べ、排卵期、黄体期の方が総体水分量が多い傾向が見られた。

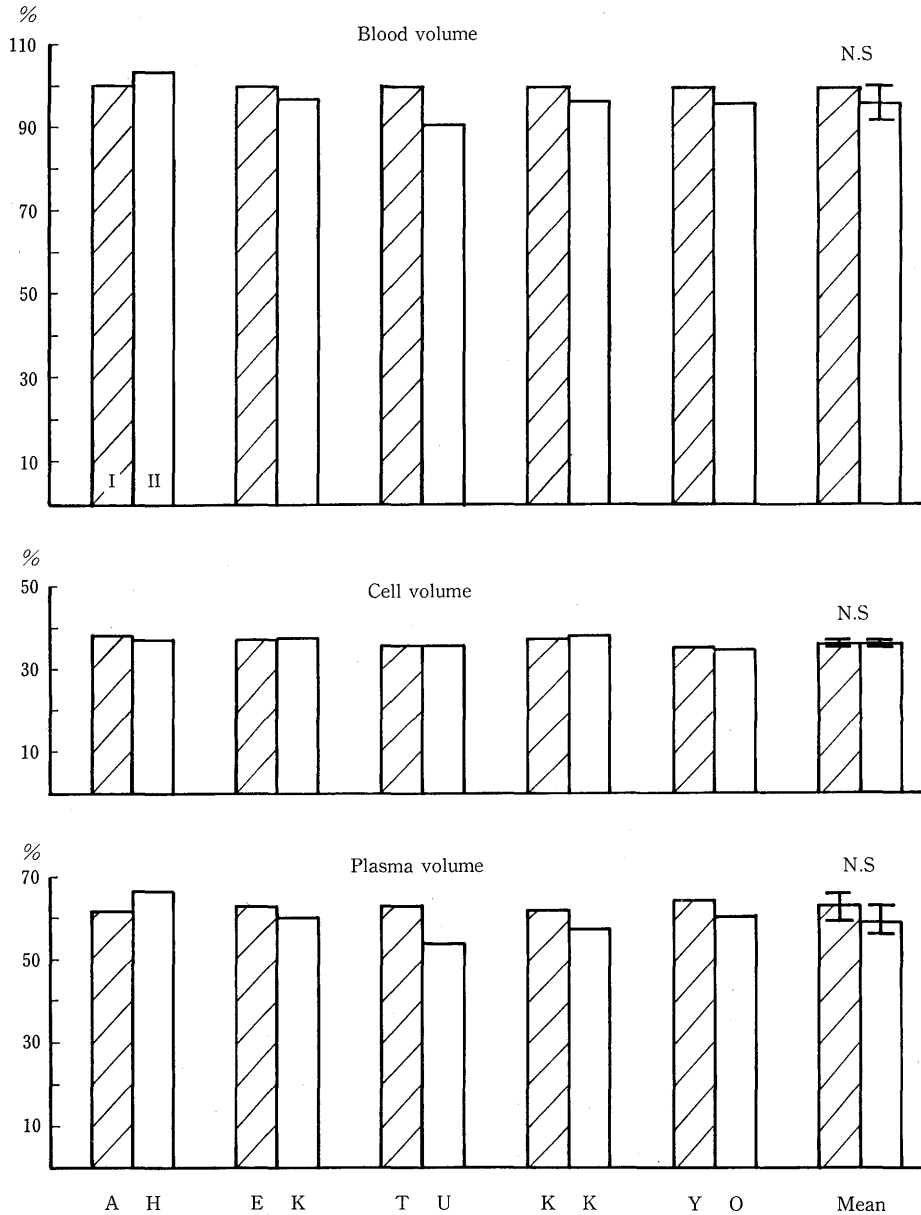


Fig. 2 Relative change in blood, cell, and plasma volume calculated from Ht. and Hb according to Dill and Costill.

表 2 は、月経周期に伴う総体水分量の変化が身体構成成分の推定値に及ぼす影響を表わしたものである。二期の %TBW の差は 0~1.3%, %FFM の差は 0.3~1.5% であり、いずれも有意差は認められなかった。%M, %S は変化がなかった。

総体水分量は細胞内液と細胞外液に分けられ、細胞

外液は更に、血漿量と組織間液に分けられる。図 2 は、Dill and Costill<sup>2)</sup> の方法を用いて I 期の血液量を 100% とした時の細胞量、血漿量の割合と II 期のそれぞれの割合を Hct と Hb 値から算出したものを表わした。血液量および 2 つの成分の割合は、I, II 期間に有意差は認められなかった。

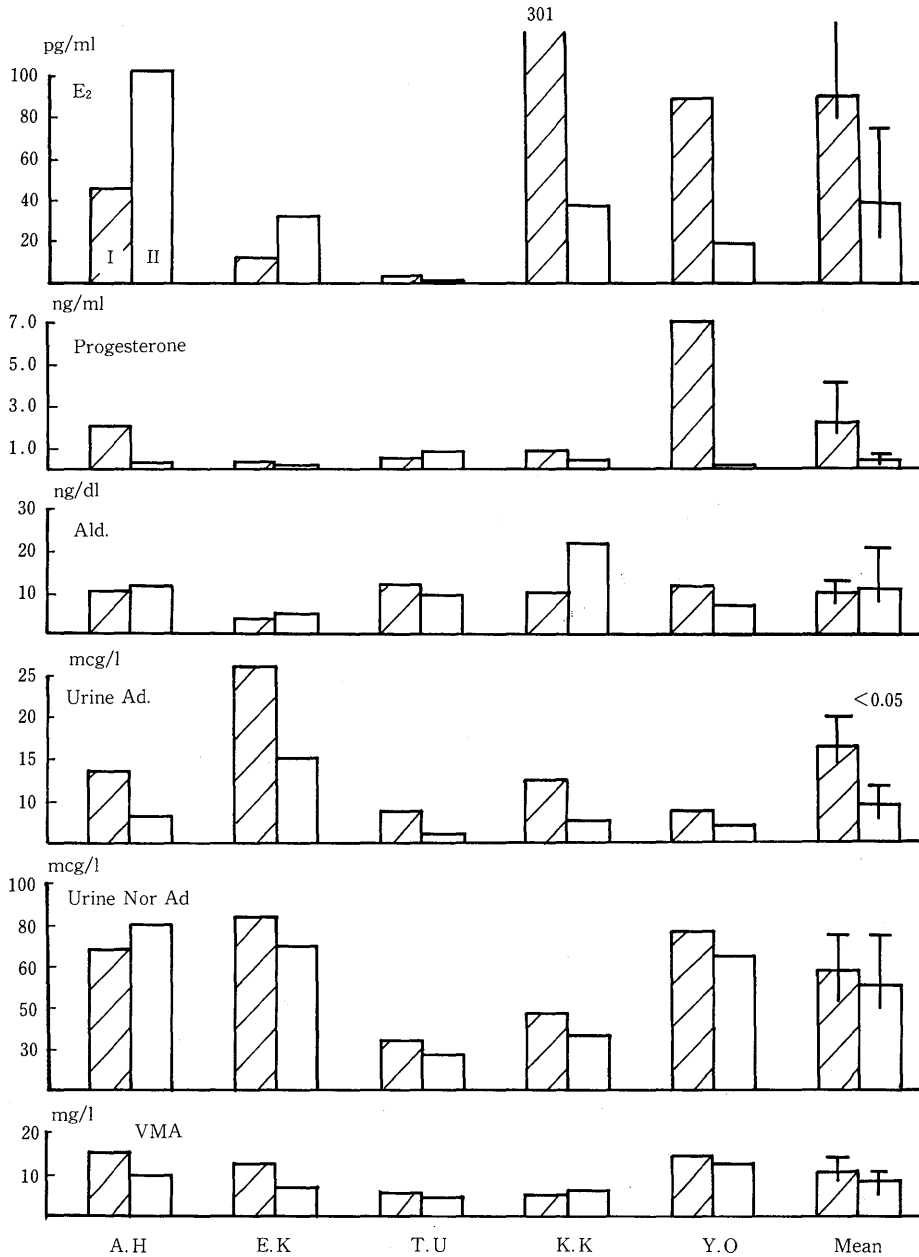


Fig. 3 Blood and urine hormone concentration on 2 phase.

図3は、2期の血中、尿中ホルモン濃度を比較したものである。E<sub>2</sub>、Progesterone、Aldosteroneの3つの血中ホルモン濃度はI、II期全被験者で同じ傾向は示さなかったが、I期とII期を比較すると、Progesteroneは、I期2.16±2.495、II期0.42±0.194、E<sub>2</sub>は、82.86±109.74と40.20±32.86pg/ml、Aldosteroneは、29.60±20.75と27.00±11.84ng/dlであった。また、血中Adrenalineは29.6±20.75、27.8±11.84mcg/lでNaradrenalineは110.8±11.00と133.6±28.42mcg/lであったがいずれも有意差は見られなかった。しかし、尿中に排泄されたカテコールアミン濃度についてはAdrenalineがI期で15.5±6.35、II期が9.1±4.29mcg/lで5%水準で有意差が認められた。Noradrenalineは、58.5±23.04、51.4±24.47mcg/l、VMAは、10.7±4.26と8.2±3.02mg/lで平均値ではI期が高値を示したが、有意差は認められなかった。

## 考 察

篠原<sup>13)</sup>によれば、総体水分量は、若年者、中年者、高齢者へと加齢するに従って減少し、その減少の程度は、細胞内液相で著しく、細胞外液相では僅かである。また、男女差も認められており、総体水分量の変化は、活性組織や体脂肪率の変化と関係があることが知られている。成人の総体水分量は体重の約60%、新生児では約80%と言われている。女子を対象とした報告では、Shoerbら<sup>14)</sup>が51.9%、邦人を対象としたものでは浅野<sup>1)</sup>が55.2%、岩佐<sup>6)</sup>が55.6%、小宮<sup>9)</sup>が学生で47.3%、家庭婦人で49.4%、金子ら<sup>8)</sup>が運動選手で57.8%、一般学生で51.6%などを報告している。本研究の被験者の値は2回の測定の平均が49.9±1.52%であり、これまでの報告とほぼ等しかった。除脂肪量の73.2%が水であるというPace<sup>11)</sup>らの報告に従えば、今回の被験者の身体組成は、これまでに報告された女子のそれとほぼ同様と考えられる。

生体内の水は、1月に約180ℓ近く再生されており<sup>7)</sup>、たえず代謝されている。金子ら<sup>8)</sup>は成人においても季節、運動による発汗の有無、飲料水の摂取状況によって体水分代謝回転速度に差が見られることを報告している。また、Rättger<sup>12)</sup>は女性においては月経前に水分貯留が認められることを報告している。従って、総体水分量法によって女性の身体組成を推定し、一定期間の変化を観察する場合、その変化が、トレーニングや、栄養、エイジング等によって生じる正味の変化であるのか、あるいは、女性に見られる性周期に伴う体水分量の変化によるものであるのかを明らかにす

る必要がある。即ち、同じphaseに測定しない場合に生じる誤差範囲を知ることである。今回の被験者は、運動習慣がなく、測定前2～3日の食事内容が変わらないように指示したが、二期の差は平均0.7ℓで高値であった。総体水分量の変化について、金子ら<sup>8)</sup>の実験では同一被験者の4回の測定で0.5～0.8ℓ(平均値からの差)である。また、月経前に0.8ℓの水分貯留が見られた<sup>12)</sup>という報告もある。今回の被験者の測定Phaseは、体水分が最も貯留しやすい月経前期に限定していないが、測定された二期の内、総体水分量が高かったPhaseが、黄体期や月経前期であったことは諸報告と一致した。

次に、このような総体水分量の変化が、身体組成構成成分の推定値に及ぼす影響を二期で比較した場合、%FFM、%Fatの差は、1.5%以内、%Mには差は見られず、%Sは、0.4%以内であった。総体水分量の変化は、体重の変化とほぼ平衡するため、%TBW(総体水分量/体重)を用いたHamwi and Urback<sup>3)</sup>の式を用いた場合、総体水分量の変化の影響が僅かになることによる。このことは、何らトレーニングを行なわなかった場合、女子においては%FFM、%Fatに2%程度の推定誤差があり得ることを示している。

総体水分量は、細胞内液と細胞外液とに分けられ、細胞外液は血漿量と組織間液を含んでいる。今回の被験者のように、非トレーニング時で食物摂取状況が測定前に差が無い場合、総体水分量の変化は、主として細胞外液の変化によるものと考えられる。Dill<sup>2)</sup>らの方法で血液中のHb、Hct値から、血液量、血漿量、細胞量の割合を算出した結果は、いずれもほとんど変化が見られなかった。また、血漿量は体重の5%程度にすぎず、総体水分量の変化を説明するには充分ではない。なお、周期性浮腫等の原因として、膠質浸透圧の低下や血中アルブミン濃度の低下<sup>5)</sup>があるが、血中アルブミン、グロブリンから算出した膠質浸透圧はI期が27.86±1.536、II期が28.70±1.393mmHgで有意差は認められなかった。しかし、血中アルブミン濃度は、I期が4.26±0.215、II期が4.40±0.179mg/dlで有意差は無かったもののI期が低値を示した。従って、組織間液の変化が総体水分量の変化に影響を及ぼしたのと考えられる。

月経周期に伴う水分貯留の原因については、五十嵐<sup>4)</sup>によれば、1) estrogen 過剰説、2) estrogen と progesterone の協力説、3) progesterone 不足説、4) estrogen/progesterone 比の高値説、5) progesterone 過剰説、6) estrogen 欠乏説、7) vitamin

B欠乏説, 8) ADH 過剰説, 9) 全身小動脈攣縮説, 10) secondary aldosteronism 等があるが, Aldosterone 分泌過剰説が有力視されている。被験者の二回の測定 Phase が異なるため, 血中ホルモン濃度は一定の傾向を示さなかったが, 測定した  $E_2$ , Progesterone, Aldosterone のいずれか1つ以上のホルモン濃度がI期に高い傾向が見られた。また, 血中, 尿中 Adrenaline 濃度はI期に高く, 尿中の値は5%水準が有意差が見られたことから交感神経緊張亢進が2次的に総体水分量の変化に影響を及ぼす可能性も考えられる。

### 摘 要

1) 女子において, 月経期間中に総体水分量の変化が見られ, この変化は細胞外液相の変化によるものと考えられる。

2) 総体水分量を用いて身体構成成分を推定する場合, %FFM, %Fat 値は, 健康成人女性の月経周期中, 約2%程度の差が見られた。

3) 月経周期中, 月経期, 卵胞期に比べ, 排卵期, 黄体期の方が総体水分量が多く, Progesterone,  $E_2$ , Aldosterone のいずれか1つ以上のホルモン濃度が, その期で高値を示した。

4) 血中, 尿中 Adrenaline 濃度は総体水分量の高い期に高値を示し, 特に尿中の濃度には有意差が認められ, 交感神経が緊張亢進する期に総体水分量が増加する傾向が認められた。

### 文 献

- 1) 浅野誠一: 最新医学, 11, 2284, 1956.
- 2) Dill, D.B. and Costill, D.L.: Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration, J. Appl. Physiol., 37: 247-139.
- 3) Hamwi, G. J. and Urbach, S.: Body compartments, Their measurement and application to clinical medicine Metab., 2: 391-403, 1953.
- 4) 五十嵐正雄: 月経とその異常, 金原出版, 1976, 208-209.
- 5) 飯田喜俊: 水と電解質, 中外医学社, 1969, p.25.
- 6) 岩佐政子: 重水法. NAAP 法および体比重による健康人の全体水分量および体組成について, 日本内科学会雑誌, 48, 24-32, 1956.
- 7) 上平 恒: 水とは何か, 講談社, 1977, p.148.
- 8) 金子佳代子, 加藤有美子, 小池五郎: 重水による体水分量の測定. 日本栄養・食糧学会誌, 38, 97-100, 1985.
- 9) 小宮秀一, 小室史恵, 吉川和利: 体脂肪率 (%Fat) 推定法の比較, 体力科学, 30, 277-284, 1981.
- 10) Olsson, K. E. and Saltin, B.: Variation in total body water with muscle glycogen changes in man. Med. Sports, 3: 159-162, 1969.
- 11) Pace, N. and Ruthbun, E. N.: Studies on body composition. III. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content, J. Biol. Chem., 158: 665-691, 1945.
- 12) Rättger, H.: Wasserhaushalt und menstruller Zyclus. Arch. f. Gynäk., 185: 325-334, 1954.
- 13) 篠原恒樹: 体内総水分量, 老年医学誌, 2: 137-139, 1965.
- 14) Shloerb, P.R., Friis-Hansen, B.J., Edelman, I. S. and Moore, F. D.: The measurement of total body water in the human subject by deuterium oxide dilution. J. Clin. Invest., 29: 1296-1310, 1950.
- 15) Stansell, M. J. and Mojica, L.: Determination of body water content using trace levels of deuterium oxide and infrared spectrophotometry. Clin. Chem., 14: 1112-1124, 1966.
- 16) Wang, J., Pierson, R. N. Jr., and Kelly, W. G.: A rapid method for the determination of deuterium oxid in urine: Application to the measurement of total body water. J. Lab. Clin. Med., 82: 170-178, 1973.