

自由行動下における尿中ミネラルの日内リズム

宇和川 小百合*・色川 木綿子**・市丸 雄平***
(平成28年1月14日査読受理日)

Chrononutritional Characteristics of Urinary Electrolytes Secretion Under Free Living Conditions in Normal Subjects.

UWAGAWA, Sayuri IROKAWA, Yuko ICHIMARU, Yuhei

(Accepted for publication 14 January 2016)

キーワード：尿中ミネラル，日内リズム，女子大生，最小自乗余弦スペクトル解析，心拍

Key words：Urinary mineral, Circadian rhythm, Female college students, Cosine spectrum method, Heart rate

1. はじめに

女子学生の食事内容，摂取時間には偏りがみられ，栄養学を学ぶ学生においても例外ではない．特に一人暮らしをしている学生では，朝食抜き，夜間のアルバイトへの従事など不規則な生活状況の問題がみられる．さらに，食事が少ないにもかかわらず，加工品やインスタント食品，外食，中食などの摂取が多いために塩分の摂取量が多い^{1~4)}．また，学校給食を終えて，牛乳をはじめとするカルシウム源となる食品の摂取量が少なく，20~29歳女性のカルシウム摂取量は400mg以下であり，他の年代と比較すると最も少ない結果となっている⁵⁾．

若い女性にとって今後，出産や更年期などを経験することもあり，女性の体に必要な栄養素を食事内容および食事摂取時間ともに適正に確保することは大切である．

食事調査では，わかりにくいミネラル摂取量の一部は，尿中の排出量を分析することにより把握することができ^{6~8)}．また，日内変動性を加味した動的変動性を明らかにして，栄養摂取の時間的妥当性を推測することには意義がある．そのために重要な検討項目でもある主要ミネラルのNa, Caなどについて尿中排泄量を調査してきた．

生体のサーカディアン・リズムは24.5時間といわれている⁹⁾．Naの排泄や再吸収は内分泌因子，日常生活活動，さらには視床下部の日内リズム中枢因子などにより影響を受けている^{10~11)}．Na排泄の日内リズムに関する研究は，血圧と日内リズムとの関連や腎疾患患者を対象にしたもの^{12~14)}などが多くみられる．血圧と尿中Naの関連につ

いては，健常な成人では夜間睡眠とともに血圧は低下し，早朝覚醒とともに上昇する^{15,16)}．Na排泄は血圧に依存し，食塩の過剰摂取は日内リズムを障害すると報告されており^{17,18)}，Na排泄量あるいはNa排泄の感受性については日内変動性が存在することが推測されている¹⁹⁾．

今回は女子学生を対象に自由行動下において，食事内容を夕食と朝食は同じものを摂取し，他は自由摂取とした状態で尿中ミネラル排泄量に24時間リズムが存在するか検討した．

2. 対象

対象は，東京家政大学栄養学科の女子学生9名とし，年齢 21.0 ± 0.5 歳，身長 160.2 ± 4.4 cm，体重 51.4 ± 7.5 kgであった．

事前に調査内容の説明会を行い書面による了承をとった(本実験は東京家政大学倫理委員会の承認済)．

3. 方法

3-1 測定方法

測定時期は，2014年5月3・4日の1泊2日でおこなった．測定場所は本学セミナーハウスにおいて，合宿形式でおこなった．採尿の開始は11時とし，その後3時間毎に14時，17時，20時，23時，7時，10時まで24時間おこなった．就寝時間は，23時から7時までの8時間と一定にした．

採尿を行う際には，計量カップ，検査機関提出用の採尿器を配布した．採尿は時間ごとに全尿量採取後，尿量を記録して一部の尿を検査機関(公益財団法人愛世会 愛誠病院)提出用の採尿器に採取した．検査機関に提出する尿は，保冷库(保冷剤を入れた発泡スチロールの箱)に保存し，24時間採尿終了後，本学の板橋校舎内で冷凍保存

* 大学院博士課程人間生活学専攻
** 大学院修士課程健康栄養学専攻
*** 栄養学科臨床栄養情報研究室

(-80℃) して、翌日に検査機関に Na, K, Cl, および Ca の解析を依頼した。

測定日は10時に宿泊所集合とし、昼食(12時～12時30分)は各自持ち込みの食事を摂取した。その後は、全員同じ食事(夕食18時30分～19時および朝食7時30分～8時)を摂取し、水分等は自由飲水とし、間食も自由とした。日本食品標準成分表2010²⁰⁾を用いて、エネルギー(kcal)、たんぱく質(g)、脂質(g)、炭水化物(g)、ナトリウム(mg)、食塩相当量(g)、カルシウム(mg)を算出した。

心拍および運動の日内リズム性および運動のレベルを客観化するために、身体加速度および心拍数を24時間にわたって計測し記録した。この記録には生体に負荷の少ないウェアラブル心拍センサー myBeat (UNION TOOL 社製)を用いた。センサーの装着部位は、胸部および左大腿部の2か所とした。この装置を用いて装着時24時間に心拍間隔(RR間隔)、心拍に対応したX、Y、Zの加速度を1心拍毎に記録した。装着時間は、10時より翌日11時までとした。2日間は自由行動とし、採尿時間に所定の場所に戻り採尿をおこなった。

3-2 解析方法

3-2-1 尿中ミネラル：

得られたデータの解析には、Microsoft Excelを用いて、独自に作成した最小自乗余弦法により、リズムの有無を求めた。余弦曲線は次式に示した。

$$Y = M + A \cos(2\pi t / 24 - \theta)$$

(M:メサ、A:振幅、 π :3.14159、t:時間、 θ :頂点位相)

Probability 5% を統計学的に有意とみなした。なお、頂点位相の算出時間は24時間における頂点を示している。

尿量および尿中ミネラルについて相関分析(Pearson)をSPSS(ver.20)でおこなった。

3-2-2 心拍および加速度計：

余弦スペクトル法により、心拍に反映される呼吸成分(RA:respiratory area:0.1-0.5Hz)の適合確率の対数を求めた。これにより、心拍の時系列変動が余弦曲線に適合すると適合の確率は高くなる。適合確率が高いことは、呼吸にともなう心拍変動が一定であることを示すとともに呼吸が規則的であることを示す。加速度については、胸部および左大腿部の3軸加速度から空間マグニチュードを算出した。式は次に示した。

$$\text{マグニチュード}(G) = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

$$G:\text{m/sec}^2 \quad ※1G=9.8 \text{ m/sec}^2$$

表1 3日夕食および4日朝食の栄養素等摂取量

	夕食	朝食
エネルギー (kcal)	692	524
たんぱく質 (g)	16.3	21.4
脂質 (g)	21.4	9.4
炭水化物 (g)	105.2	85.4
ナトリウム (mg)	1004	808
食塩相当量 (g)	2.6	2.1
カルシウム (mg)	130	87

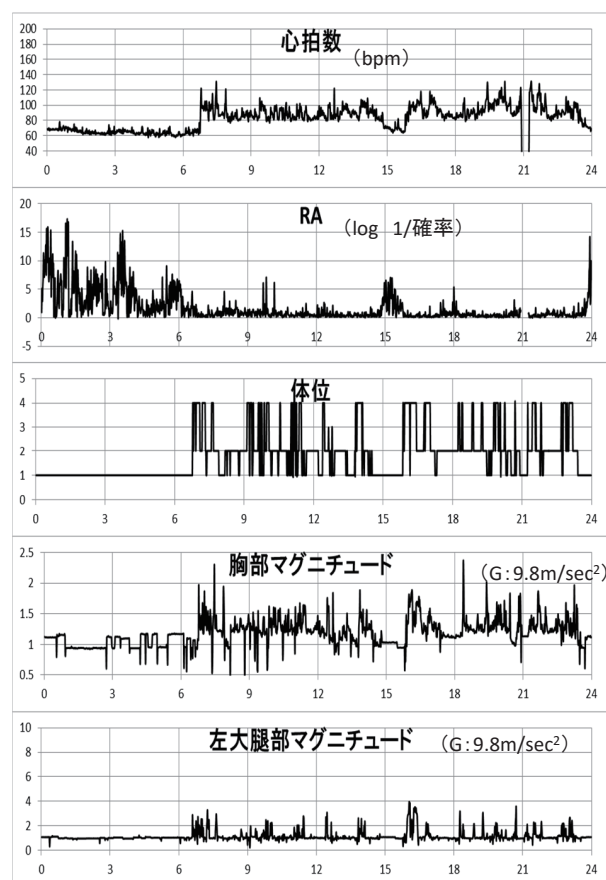
4 結果

4-1 食事の摂取状況

3日夕食と4日朝食の栄養素等摂取量を表1に示した。食事の内容は寮生に提供されている献立と同じである。

4-2 睡眠および行動の客観化

3軸加速度の空間マグニチュードより、運動のレベルを推測した。運動の指標として、空間マグニチュードが1.5G以上の動作の時間(分)を測定するとともに、空間マグニチュードと心拍を指標として、身体活動強度(Af:Activity factor)を推測した。対象者の平均的な事例1名を示した(図1)。1分間の心拍数、余弦曲線への適合度をみた心拍変動(RA)、胸部の加速度より体位を臥位(1)、



*)体位:1-臥位、2-坐位、3-安静立位、4-立位運動を示す。

図1 上段より、心拍数、RA、体位、胸部マグニチュードおよび左大腿部マグニチュードの時系列表示(事例A)

座位（2）、安静立位（3）および立位運動（4）に分類したもの、胸部および左大腿部マグニチュードは1分間のマグニチュードの平均であり、それぞれ24時間を時系列的に示した。本例では、23時30分に就床し、6時45分に起床していた。睡眠時間は総計7時間15分であり、その中でRAが高値を示す時間帯が5回存在し、この時間帯では呼吸が規則的であることが示された。

心拍数は睡眠時には60bpmまで低下し、起床時は心拍数が増加を示し、14時47分より15時52分まで午睡していた。また、体位は加速度データから解析したが、睡眠中は仰臥位状が100%で、睡眠中には排尿などの体位を変換する動作は見られていない。起床後には、体位として座位が多く（体位レベル1）、実験のなかで安静にしていることが示された。

胸部および大腿部マグニチュードが高い時間帯は、運動時であることが示された。加速度マグニチュードにより推測される3メッツ以上の運動は104分であり、1日のPAL（Physical Activity Level）は1.46と計算された。図1で例に挙げた対象者の心拍数について、24時間を周期とする余弦曲線で近似曲線を当てはめると、 $Y=83.1+12.2 \times \cos(2 \times \pi \times t / 24 - 2.02)$ となり、直接確率計算法で確率は0.05未満であり、統計学的に有意に近似できた。この数式より、頂点位相を示した時間は16時16分で、心拍は24時間のリズムを有することが示された（図2）。

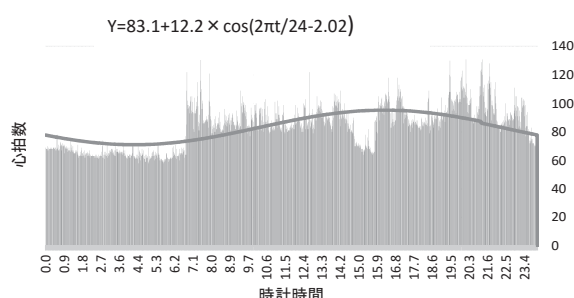


図2 心拍数と余弦曲線近似心拍（事例A）

表2 対象者として、解析可能であった8例の3メッツ以上の活動時間、PAL、心拍余弦解析による心拍のメサー、心拍頂点位相および頂点時間

	3mets 以上時間 (分)	PAL	心拍 メサー	心拍 振幅	心拍頂 点位相	頂点 時間
対象1	104	1.46	83.1	12.1	-2.02	16:17
対象2	72	1.55	79.6	12.3	-2.28	15:17
対象3	44	1.52	69.7	11.4	-2.44	14:41
対象4	68	1.42	68.9	9.4	-2.65	13:52
対象5	72	1.47	73.2	12.6	-2.72	13:36
対象6	71	1.51	71.4	4.3	-2.21	15:33
対象7	60	1.42	71.9	7.9	-2.23	15:29
対象8	127	1.44	77.7	12.2	-2.67	13:50
平均	77	1.47	74.4	10.3	-2.40	15:22
標準偏差	21	0.04	4.3	2.3	0.22	0:50

対象9例のうち8例において、解析可能な記録が得られた。3メッツの以上の運動、PALの平均と標準偏差はそれぞれ 77 ± 21 (分)、PALは 1.47 ± 0.04 であった。また、心拍の余弦曲線解析では、心拍のメサー、心拍の振幅、心拍の頂点位相はそれぞれ 74.4 ± 4.3 bpm, 10.3 ± 2.3 bpm, 心拍頂点位相は -2.40 ± 0.22 ラジアンであり、実時間としては頂点位相を示す時間は15時22分 \pm 50分であった（表2）。すべての例において、余弦曲線は24時間の周期性を示し、統計学的に有意であると認められた。

4-3 尿量および尿中ミネラル

尿量およびNa, K, Cl, Caの尿中への排泄量を測定した。採尿の開始は11時から翌日の10時とした。11時の採尿の測定値は使用せず、2回目以降（14時）の採尿の測定値を使用した。なお、採尿量から1時間当たりの平均値を割り出して10時から11時の1時間分を算出し24時間分とした。結果は体重1kgあたりで算出し表3に示した。

9名の体重kg/日の尿量平均値は19.6mlであった。対象者で、10%未満の確率で余弦曲線に適合性を示したのは3例で、頂点位相の平均値は -0.88 ± 0.35 ラジアンであり、実時間として頂点位相を示した時間の平均値は21時06分で、標準偏差は1時間25分であった。他の6例においては24時間を周期とする余弦曲線に適合性はみられなかった（図3）。余弦曲線に適合性を示した3例の平均値について余弦曲線解析をおこなうと、尿量のメサー値は2.35ml/kg/時、振幅は1.28ml/kgが認められた。

9名の体重kg/日の尿中Naは41.4～77.7mgで、平均値

表3 尿量および尿中ミネラルの状況（9名の平均値）

計測時間	尿量 (ml/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Cl (mg/kg)	Ca (mg/kg)
14:00	2.9	8.3	3.4	11.9	0.37
17:00	3.1	11.0	4.3	14.6	0.22
20:00	3.5	11.7	3.7	17.3	0.25
23:00	4.3	11.0	2.3	12.6	0.32
7:00	3.1	8.9	6.3	14.7	0.15
10:00	1.9	9.3	3.0	13.6	0.36
11:00	0.8	2.5	1.0	3.5	0.07
合計	19.6	62.7	24.0	88.1	1.74

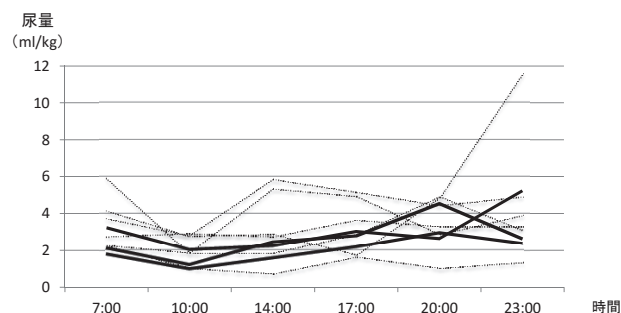


図3 9名の体重kgあたり尿量（太線は頂点位相が認められた者）

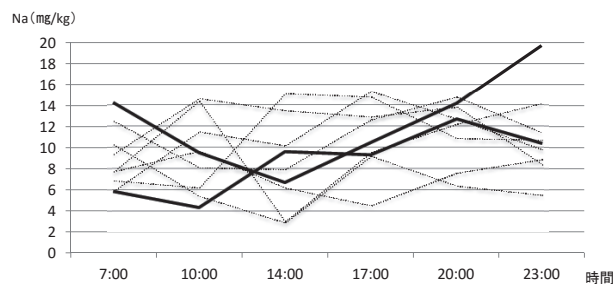


図4 9名の体重 kg あたり尿中 Na
(太線は頂点位相が認められた者)

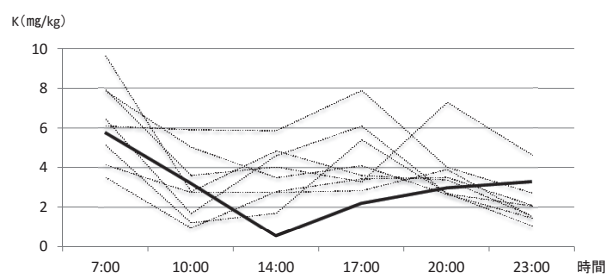


図5 9名の体重 kg あたり尿中 K
(太線は頂点位相が認められた者)

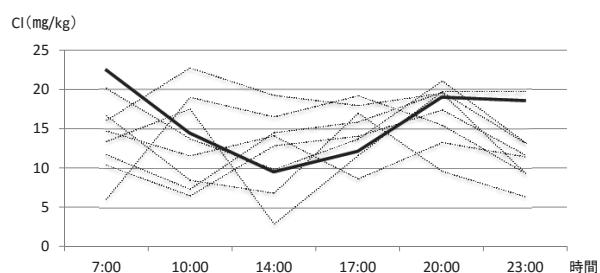


図6 9名の体重 kg あたり尿中 Cl
(太線は頂点位相が認められた者)

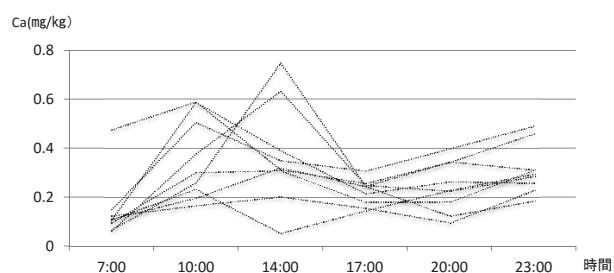


図7 9名の体重 kg あたり尿中 Ca

は 62.7mg であった。この中で、2 例に統計学的に有意な 24 時間の日内変動性を認めた。2 例の頂点位相は -0.30 、 -1.31 ラジアンであった (図 4)。余弦曲線に適合性を示した 2 例の尿中 Na のメサー値は 12.29 ml/kg / 時、7.59 ml/kg / 時、振幅は 6.67 ml/kg、4.37 ml/kg が認められた。実時間として頂点位相を示した時間は 22 時 51 分、18 時 59 分であった。

9 名の体重 kg あたり 1 日の尿中 K は 17.1 ~ 32.2mg で、平均値は 24.0mg であった。この中で、1 例に統計学的に有意な 24 時間の日内変動性を認めた。頂点位相は -0.41

表4 対象者 9 名の尿量と尿中ミネラルの相関がみられた人数

	尿量	Na	K	Cl	Ca
尿量		4	1	3	
Na			4	8	3
K				7	1
Cl					3
Ca					

表5 尿量および尿中ミネラル量の最大値または最小値が一致した 1 名のデータ

計測時間	尿量 (ml/kg)	Na (mg/g)	K (mg/g)	Cl (mg/g)	Ca (mg/g)
7:00	1.76	5.82	3.53	11.82	0.11
10:00	0.98	4.31	0.98	7.45	0.59
14:00	1.57	9.57	2.82	14.59	0.39
17:00	2.16	9.27	3.45	15.96	0.22
20:00	2.94	12.65	3.53	19.71	0.26
23:00	2.35	10.35	2.12	13.18	0.26

ラジアンであった (図 5)。余弦曲線に適合性を示した尿中 K のメサー値 3.20ml/kg / 時、振幅は 2.24 ml/kg が認められた。実時間として頂点位相を示した時間は 22 時 26 分であった。

9 名の体重 kg あたり 1 日の尿中 Cl は 68.3 ~ 109.5mg で、平均値は 88.1mg であった。この中で、1 例に統計学的に有意な 24 時間の日内変動性を認めた。頂点位相は -0.03 ラジアンであった (図 6)。余弦曲線に適合性を示した尿中 Cl のメサー値 15.95ml/kg / 時、振幅は 7.46 ml/kg が認められた。実時間として頂点位相を示した時間は 22 時 26 分であった。

9 名の体重 kg あたり 1 日の尿中 Ca は 1.02 ~ 2.54mg で、平均値は 1.74mg であった。余弦曲線に適合性は認められなかった (図 7)。

尿量と尿中ミネラルの相関を示したのが表 4 である。尿中 Na と尿中 Cl で 8 名、尿中 K と尿中 Cl で 7 名、尿量と尿中 Na および尿中 Na と尿中 K に 4 名の相関が認められた。

対象者 9 名の中で、尿量が最大値の時間 20 時に尿中ミネラル量も最大値であり、また、尿量が最小値の時間 10 時に尿中ミネラル量も最小値であった者が 1 名いたので、表 5 に示した。しかし、尿中 Ca については同様の結果は認められなかった。

対象者 9 名の尿量および尿中ミネラル量を kg / 時間で算出し、最大値および最小値に該当する時間帯の人数を表 6 に示した。尿中 Ca は、最小値が就寝時間帯に 9 名全員が認められ、尿量、尿中 Na、Cl では 8 名が認められた。最大値は尿量、尿中 Na、K、Cl で午後の時間帯に認められた。尿中 Ca の最大値は、食後の時間帯に認められた。

表6 対象者9名の尿量および尿中ミネラル量 (kg/時間) における最大値, 最小値に該当する人数

計測時間	尿量 (0.22~3.87ml)		Na (0.73~6.57mg)		K (0.18~2.63mg)		Cl (0.76~7.05mg)		Ca (0.008~0.250mg)	
	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
7:00 ~ 10:00	1			2	2	1				3
10:00 ~ 11:00										
11:00 ~ 14:00	1	2	1	1	1	1	1	1		3
14:00 ~ 17:00		3		2		3		2		
17:00 ~ 20:00		2		2		3		6		
20:00 ~ 23:00		2		2	4	1		1		3
23:00 ~ 7:00	8		8		2		8		9	

※: () の数値は対象者9名全員の最小値~最大値の量を示す。

5. 考察

5-1 対象者の状況

食事摂取基準 (2015)⁶⁾ 18 ~ 29 歳女性の参照体位である身長 158.0cm, 体重 50.0kg と比較すると被験者である本学学生, 年齢 21.0 ± 0.5 歳, 身長 160.2 ± 4.4 cm, 体重 51.4 ± 7.5 kg の方が, やや体格が上回っていた。

5-2 心拍・行動の日内リズム

ヒトの行動は, 睡眠, 摂食, 運動に代表され, 夜間には睡眠, 昼間には種々の活動レベルの行動をおこない, これにともなう自律神経の変化は心拍に現れ, 24 時間時系列変化においてリズムが認められる。

本実験では, 23 時 ~ 7 時を就寝時間としていたが, 体位測定では, 全例において, 就床より起床に至るまでに, 夜間排尿に伴う体位変化および変化による心拍の急増は認められず, 就寝時間は保たれていた。

また, 対象者の生活活動指数 (Af) は平均で 1.47 ± 0.04 と算出され, 日本人の食事摂取基準⁶⁾ によると, 全対象者は低レベルであった。測定日の被験者たちは, 散策やゲーム等をして過ごしていたため, 測定値より算出した値は妥当なものといえる。

睡眠時間が一定であり, 昼間には軽度の日常生活活動をおこなっていたことより, 全対象者に 24 時間に当てはまる心拍の日内変動を認めるとともに, 対象者により異なるものの, リズムの頂点位相を示す時間は平均 15 時 22 分であり, 標準偏差は 50 分と限られた時間帯であった。このことより, 心拍数を制御する自律神経系 (交感神経および副交感神経) および生体リズムは適正に作動しているものと推測された。自律神経は, 大脳の自律神経ネットワークにより制御・調節されているため, 心臓以外の自律神経系も 24 時間リズムにしたがって制御されているものと推測された。

5-3 尿量および尿中ミネラルと日内リズム

尿中電解質量は摂食量と腎臓からの排泄能により決定される。また, 自律神経によって影響を受ける。腎臓での濾過量は, 血圧・腎血流量, 運動, 生体内分泌環境の影響も受ける²¹⁾。このため, 腎臓からの電解質排泄量は生体の

自律神経を含め多変量的である。今回, 環境条件を一定として, 尿量および電解質量の日内変動性を検討した。

1 日の尿量は一般的に成人男性で平均 1,500ml, 成人女子で 1,200ml, 1 回の排尿で 200 ~ 400ml といわれている。河辺らの報告²²⁾ では若年者群で 875 ± 276 ml であり, 今回の測定値とほぼ近似した数値であった。そして, 尿中塩分量にすると 8.2g/日となり, 19 ~ 20 歳の健康な女性を対象にした報告²³⁾ の 8.9g/日, 8.1g/日と類似した値であった。このことより, 対象者は正常な腎機能を有することが示された。尿量の日内変動については確率を 10% に設定すると, 日内リズム性を示した対象者は 3 名となり, 日内変動性の影響を受けている。また, 頂点位相の平均は心拍が 14 時 50 分であるのに対し, 3 名の平均尿量の頂点位相は 21 時 06 分と, 心拍よりも遅い時間帯にピークが見られた。心拍の日内変動に見られる頂点位相よりも遅い時間帯である夕食後の 20 時から 23 時に尿量が増加した理由としては, 生体の日内リズムとともに, 夕食に伴う水分の摂取が, 尿量の頂点位相の形成に関与しているものと推測される。

今回の尿量および尿中ミネラルの測定値については, 同様の調査報告^{23)・24)} とほぼ類似した値であった。時間栄養学¹⁹⁾ によると朝や昼に比べて夕食後に食塩の尿排泄が多い, と述べられている。今回の測定で体重kg/時間でみた尿中排泄量は, 夕食後に高値を示していた。尿中 Na の頂点位相も夕方から夜にかけて認められた。2 例では, Na 排泄に日内リズムが関与しているものの, 他の 7 例では, 余弦曲線によって得られる日内変動性がないことが示された。ナトリウム排泄については, 内分泌物質としてのアルドステロンの関与が大きい。今回, アルドステロンについては測定していないが, ACTH やコルチゾール, アルドステロンは早朝に高く, 夜に低いという著明な日内リズムがある。このことより, Na 排泄は早朝では低く, 夕方および夜間に多いことが推測される^{25)・26)}。今回の結果でも体重kg/時間の尿中 Na は, 就寝時間帯で最小値であり, 同様の結果を得ている。今回の対象者は健康人であること, 睡眠覚醒に障害がないこと, さらに心拍に見られる自律神経系が正常に作動していることより, アルドステロン分泌も早朝より夜間に低下することが考えられ, このため夕方および夜間に頂点位相が見られたものと推測される。

尿中 K (kg/時間) は、午後に高値を示した者が多く、川崎ら²⁷⁾ も同じ報告をしている。余弦曲線に有意の適合性が認められたのは 1 名であったが、その頂点位相が 22 時 26 分と夕食後に高値を示していた。

また、尿中 Na と尿中 K の相関が 4 名に認められ、尿中排泄量の多い時間帯は同じ午後であった。しかし、尿中 K 最小値の時間帯は尿中 Na とは異なり、就寝中ではなかった。金子ら²⁶⁾ は、K の排泄に日内変動がみられ、就寝中の排泄量が最も少なかった、と報告しているが、今回の結果は異なっていた。

尿中 Cl (kg/時間) は 17 時～20 時の間に高値を示す者が多く、低値を示したのは全員が就寝時であった。頂点位相が認められたのは 1 名で 23 時 53 分であった。尿中 Cl は尿中 Na と同様の結果で就寝時では低値を示し、午後の時間帯で高値を示した。同様な結果を大和ら¹³⁾ も報告している。

尿中 Ca (kg/時間) は、対象者 9 名全員が就寝時に低値を示していた。また、最大値は、朝食後(7時から11時)、昼食後(11時から14時)、夕食後(20時から23時)であった。戎野ら²⁸⁾ も同様の報告をしている。Ca の血中濃度は副甲状腺ホルモンにより一定濃度に維持され、Ca の日内変動は少なく ACTH などの日内リズムを示すホルモンによる制御も見られない。このため、今回の対象でも余弦曲線との適合性は認められなかったと推測をした。

尿量が多いと尿中への Na, K, Cl の排泄量も増えるが、Ca については、尿が主な排泄経路ではなく、他のミネラルや栄養素の影響を大きく受けるため、排泄量から直接摂取量を評価することは妥当ではない、と報告している^{24・28)}。今回は対象者 1 名において、採尿時間 20 時に尿量の最大値、10 時に最小値となり、尿中 Na, K, Cl は尿量と同じ結果になったが、尿中 Ca は異なる結果だったことから、尿量との関連だけではいえないことが推察された。

6. 要約

日常生活行動下で、日内リズムを尿中電解質レベルと自立神経機能から評価するために実験をおこなった。

①女子大生 9 名を対象に三軸加速度計と心拍数モニタリング装置(MyBeats:ユニオンツール社)をつけて、尿中ミネラルの排泄量を測定した。尿量および尿中ミネラルは、14 時、17 時、20 時、23 時、7 時および 10 時に採尿をして測定した。

統計解析は心拍数やミネラルの日内リズムの適応性を評価するために、24 時間の周期で最少二乗余弦スペクトル法を使用し、確率が 5% 未満であった者をリズム有りとした。

②測定結果より、 -2.40 ± 0.22 ラジアンで、頂点位相を示す時間は 15 時 22 分 \pm 50 分であり、心拍数の日内リ

ズムが観察された。身体活動レベルは 1.47 ± 0.04 であった。

③尿量は日内変動性の影響を受けており、水分摂取が尿量の頂点位相の形成に関与して、夕食後にピークをむかえていたと推測された。

④心拍、活動量は日内リズムが認められた。しかし、電解質には日内変動は見られたが、余弦曲線は尿中 Na, K, Cl において一部の対象者に認められたものの、尿中 Ca では対象者に余弦曲線が認められなかった。

そのため、1 回の尿中電解質の測定によって、1 日の電解質排泄量のリズムを推測することは困難であることがわかった。

7. 謝辞

稿を終えるにあたり、実験にご協力頂きました対象者の方々に厚く御礼申し上げます。

8. 文献

- 1) 色川木綿子, 宇和川小百合: 女子大生の栄養摂取と消費エネルギー, 東京家政大学紀要, 42 (2), 19 - 25 (2002)
- 2) 原田まつ子, 吉田正雄, 小風暁, 寺田智子, 荻野愛, 荻田香苗: 女子短大生の時間帯別の食品群及び栄養素等摂取量と朝食欠食等に関する実態調査, 日本食生活学会誌, 21 (3), 19 - 28 (2010)
- 3) 安友裕子, 山中麻希, 立花詠子, 塚原丘美, 北川元二: 女子大学生のボディイメージと栄養摂取状況の検討, 名古屋学芸大学健康・栄養研究所年報, 7, 15 - 24 (2015)
- 4) 山田紀子, 酒井千恵, 石見百江: 女子大生の食事摂取量に関する研究, 岐阜市立女子短期大学研究紀要, 61, 63 - 66 (2012)
- 5) 独立行政法人国立健康・栄養研究所監修: 国民健康・栄養の現状—平成 23 年厚生労働省国民健康・栄養調査報告より—, 第一出版 (2015)
- 6) 菱田明, 佐々木敏, 監修: 日本人の食事摂取基準 厚生労働省「日本人の食事摂取基準 (2015 年版)」策定検討会報告書, 第一出版 (2014)
- 7) 大澤千鶴, 杉山方樹, 岡山正由, 岡山義雄, 佐藤祐造: 人間ドッグにおける尿中食塩濃度測定の意義—糖尿病外来患者との比較検討—, 日本ドック学会誌 3 (1), 147 - 151 (1988)
- 8) 伊藤蘆一, 須山靖男: 食塩摂取とカルシウム排泄, 日本栄養・食糧学会誌, 52 (5), 329 - 333 (1999)
- 9) 柴田重信, 古谷彰子: 時間栄養学が明らかにした「食べ方」の法則, ディスカヴァー・トゥエンティワン (2014)
- 10) 草川三治, 丸田桂子, 大塚貞子: 小児における 24 時

- 間リズムに関する考察, 東京女子医科大学雑誌, 36 (12), 683 - 689 (1966)
- 11) 三原章, 田村まり子, 梅津亮二, 村田光範, 草川三治: 登校拒否児における尿中 Na 排泄リズムについての検討, 東京女子医科大学雑誌, 57(10), 1139 - 1143(1987)
- 12) 松田儀一, 松田ふき子, 山形佳之, 長谷部友香, 西岡淳二, 登勉: クレアチニン比による, 尿蛋白・尿中 Na・尿中尿素窒素の排泄量の評価, 臨床病理, 56, 272 (2008)
- 13) 大和健二: 尿生成の日内変動に関する研究, 日本泌尿器科学雑誌, 61 (3), 254 - 264 (1970)
- 14) 福田道雄: 食塩感受性・腎内レニン-アンジオテンシン (RA) 系・交感神経系を意識した降圧療法, Nagoya Med, 53, 123 - 134 (2013)
- 15) 三谷頼永, 岩崎忠昭, 森田茂: 正常血圧者における血圧の日内変動に関する検討, 日本臨床生理学会雑誌, 20 (1), (1990)
- 16) 大森啓義: 携帯型血圧モニタリングによる血圧日内変動の検討: 特に健常者を対象として, 東京女子医科大学雑誌, 62 (8), 668 - 669 (1992)
- 17) 木村次次郎: 特集: 血圧サーカディアンリズムに基づく高血圧サブタイプ-病態, 診断および管理法-夜間高血圧と心-腎連関, 日本臨床, 72 (8), 1404 - 1409 (2014)
- 18) 桂田健一, 荻尾七臣: 日内リズムと高血圧, Anti-aging Science, 13 (2), 71 - 78 (2011)
- 19) 監修 日本栄養・食糧学会, 香川靖雄, 柴田重信, 小田裕昭, 加藤秀夫, 堀江修一, 榛葉繁紀: 時間栄養学 時計遺伝子と食事のリズム, 女子栄養大学出版部 (2009)
- 20) 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会 報告: 日本食品標準成分表 2010, 全国官報販売協同組合 (2010)
- 21) D.S, Minors and J.M, Waterhouse: J.Physiol, 327, 39-51 (1982)
- 22) 河辺聡子, 角田佳代, 松枝秀二, 藤井俊子: ミネラルの尿中排泄量と食物摂取頻度調査成績との関係, 川崎医療福祉学会誌, 16 (2), 291 - 297 (2006)
- 23) 柳元和, 島田豊治: わが国健康女性のナトリウム摂取量に関する基礎研究 尿中ナトリウム排泄量を根拠とした若い女性の食塩摂取量, 帝塚山大学現代生活学部紀要, 3, 25-36 (2007)
- 24) 君羅満, 工藤陽子, 高地りベカ, 羽場亮太, 渡邊昌: 主要ミネラルの1日摂取量と24時間尿中排泄量との関連, 日本衛生学雑誌 (Jpn.J.Hyg.), 59, 23 - 30 (2004)
- 25) Solomon Papper and Jack D.Rosenbaum: J.Clin Invest 31, 401 - 405 (1952)
- 26) 金子佳代子, 小池五郎: 夜間尿への食塩排泄量から食塩摂取量を推定する方法に関する一考察, 日本栄養・食科学会, 36 (1), 43 - 46 (1983)
- 27) 川崎晃一, 上園慶子, 宇都宮弘子, 今村京子, 吉川和利, 上野道雄, 藤島正敏: 24時間尿中カリウム排泄量推定法に関する研究-尿中クレアチニン排泄量予測値と分割尿を用いた推定法の基礎的研究-, 健康科学, 9, 133 - 136 (1987)
- 28) 戎野庄一, 森本鎮義, 安川修, 吉田利彦, 深谷俊郎, 南方茂樹, 上原正樹, 大川順正: 尿路結石関連物質の日内変動の検討, 京都大学泌尿器科紀要, 32 (5), 667 - 671 (1986)

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to evaluate circadian changes in the urinary electrolyte level and autonomic nervous function of patients under living conditions with normal levels of activity.

Subjects and Methods: Nine normal volunteers were included in this study. Triaxial accelerometer and heart rate monitoring system (MyBeats :Union Tool Company) was attached to the chest with an ECG electrode at the NASA position for at least a 24-hour period. Urinary mineral levels and urine volume were collected starting at 14:00, 17:00, 20:00, 23:00, 7:00, and 10:00 and urinary mineral levels were measured.

Statistical analysis: To evaluate the circadian rhythm adaptability of the heart rate and the minerals, we used a least square cosine spectrum method with a period of 24 hours and determined the rhythmicity when the probability was less than 5%.

Results: We observed circadian changes of the heart rate in all subjects with the acrophase of -2.40 ± 0.22 radian (15:22 ± 0.50 minute). The mean and standard deviation of physical activity level was 1.47 ± 0.04 which indicated the subjects were at a low physical activity levels according to the Reference Intakes for Japanese people (2015).

Conclusion: The heart rate showed apparent circadian change in a 24 hour period. We suspect that it may be difficult to estimate daily excretion of electrolytes only by the snapshot monitoring of urine electrolyte level.