

長期連続栄養摂取状況の時間栄養学的検討

小林 美佳子, 市丸 雄平

(平成 16 年 9 月 30 日受理)

Chronobiological Analysis of Dietary Intake and Behavior

KOBAYASHI, Mikako and ICHIMARU, Yuhei

(Received on September 30, 2004)

キーワード：食事評価, コンピュータ, インフラディアンリズム

Key words : dietary assessment, computer, infradian rhythm

1. はじめに

平成 13 年に報告された管理栄養士養成施設のカリキュラム¹⁾の教育目標の中に、「情報の収集と分析能力を養うこと」が謳われている。例えば、基礎分野「社会・環境と健康」では、「健康情報の利用方法, 情報管理や情報処理について理解する」, 「公衆栄養学」では「地域や職域の健康・栄養問題とそれをとりまく自然・社会・経済・文化的要因に関する情報を収集・分析し, それらを総合的に評価・判定する能力を養う」, さらに, 専門分野の「栄養教育論」では「健康・栄養状態, 食行動, 食環境等に関する情報の収集・分析, それを総合的に評価・判定する能力を養う」という目標が掲げられている。このような能力を養う具体的な方法の一つとして, われわれは栄養情報収集の IT 化を試み, その成果を報告してきた^{2, 3)}。とくに, 女子大生を対象に 1 ヶ月以上の生活時間調査を連続的にを行い, エネルギー消費, 食事回数および睡眠時間に週内および月内リズムが存在することを示し, 時間生物学的検討が, 生活習慣における問題点を把握する有用な手段であることを報告した。

一方, 栄養摂取状況については, 長期間の食事調査が困難なため, 長期連続した調査の報告がない。今回, 長期的な栄養摂取の動態をとらえることを目的とし, 食事調査より得られたデータを時系列的に解析する方法を開発し, 時間栄養学的検討の有用性について報告する。

2. 対象と方法

2.1 対象

本学家政学部栄養学科および短期大学部栄養科 1 年次, 栄養学各論履修者 293 名を対象とした。対象の平均年齢は 19 歳である。

2.2 方法

調査期間は平成 14 年 10 月 1 日から 11 月 16 日とし, 期間中の連続した 31 日間の食事調査を行った。今回の調査にあたり, 記録ファイルは Microsoft Excel を用いて独自に開発した。対象者への記録ファイルの配信は, インターネットを用いて行った。対象者は, 所定のホームページより記録ファイルをダウンロードし, 食事内容

図1 食事調査記録の一例

区分	献立名	食品名	食品成分番号(5桁)	重量(g)	区
5	朝食	ミルクココア	16049	150	朝
6		おにぎり	1111	180	
7		コッペパン・市販品	1028	100	
8		加糖練乳	13013	10	昼
9	間食	茶・玉露・濃出演	16034	350	
10	昼食	にわとり 若鶏肉 も	11222	120	
11		鶏卵 加糖全卵	12008	10	
12		たけのこ 水煮缶詰	6151	3	
13		しょうが類 しょうが	6105	3	間
14		あまのり 焼きのり	9004	3	夕
15	味噌汁	わかめ, カットわかめ	9044	10	
16	夕食	海藻チヤ	10328	10	
17		水稲穀粒 精白米	1063	200	
18		鶏卵 乾燥全卵	12009	60	
19		ねぎ類 根菜ねぎ	6226	15	
20	サラダ	レタス 結球葉 生	6312	10	
21		ワニレータス 葉 生	6315	10	
22	油揚げ	にわとり 若鶏肉 も	11222	100	
23					
24					
25					
26					

図1 食事調査記録の一例

の入力を行い、電子メールを用いて提出した。記録内容の一例を示す(図1)。食事調査の内容は、食事区分、献立名、食品名とその食品成分番号および重量から構成される。入力に必要なデータベースは、文部科学省の「五訂日本食品標準成分表」⁴⁾に基づいて作成し、記録ファイルに添付した。

2.3 解析

得られた食事記録より、対象者のエネルギー摂取量および各種栄養素を31日間にわたって1日ずつ算出した。エネルギーについては同時に行った生活時間調査より1日毎の活動強度を求め、基礎代謝に乗じて消費量を算出した。その差をエネルギー収支とした。各項目について対象者の1ヶ月間の平均値を算出した。

次に、各パラメータの1ヶ月における周期性の有無を検討した。周期性の有無については、最小自乗法を用いて測定値を余弦曲線にあてはめ、probabilityが0.05以下の場合を統計学的に有意のリズムとみなした。周期を3日から31日までとし、probabilityが最小となるとき、その式を最適余弦曲線とした。週内リズムについては、周期を7日間、月内リズムについては、周期を24日から31日までとし、probabilityが最小となるとき、その周期を月内リズムの周期とした。さらに、リズムが存在した場合、パラメータ毎に周期の分布を求めた。

1日ずつの栄養摂取量および生活活動強度を算出するためのプログラム、1ヶ月間のデータの最適余弦曲線を

求めるためのプログラムは、独自に作成し自動解析した。プログラムの作成には、Microsoft Visual Basic for Applicationを用いた。

3. 結果

3.1 エネルギーおよび栄養量の1ヶ月の平均

今回開発した食事調査入力ファイル(図1)および栄養摂取状況自動解析プログラムの利用により、大量の食事調査を自動処理することが可能となった。293例中129例について31日間にわたるエネルギーおよび栄養摂取量の自動解析が可能であった。エネルギー収支の算出が可能であった例、すなわち食事調査および生活時間調査のいずれも自動解析が可能であった例は、124例であった。

摂取量および消費量の平均±標準誤差は、それぞれ1497±74 kcal, 1895±43 kcalであった(図2)。エネルギー収支の平均±標準誤差は-396±86 kcalであった(図3)。

次に、自動処理が可能であった129例の31日の平均値が栄養所要量に対する充足率を図4に示す。たんぱく質、脂質、炭水化物はほぼ所要量を充足していた。所要量に対する充足率の低い(80%未満)栄養素(充足率%)は、カルシウム(77%)、鉄(72%)、亜鉛(73%)、銅(70%)、ビタミンB6(72%)、ビタミンC(76%)であった。

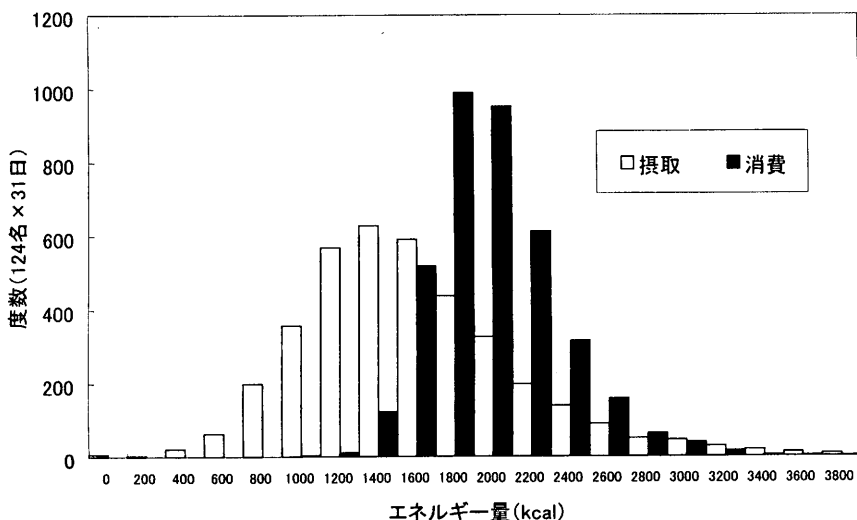


図2 エネルギー摂取および消費量の分布

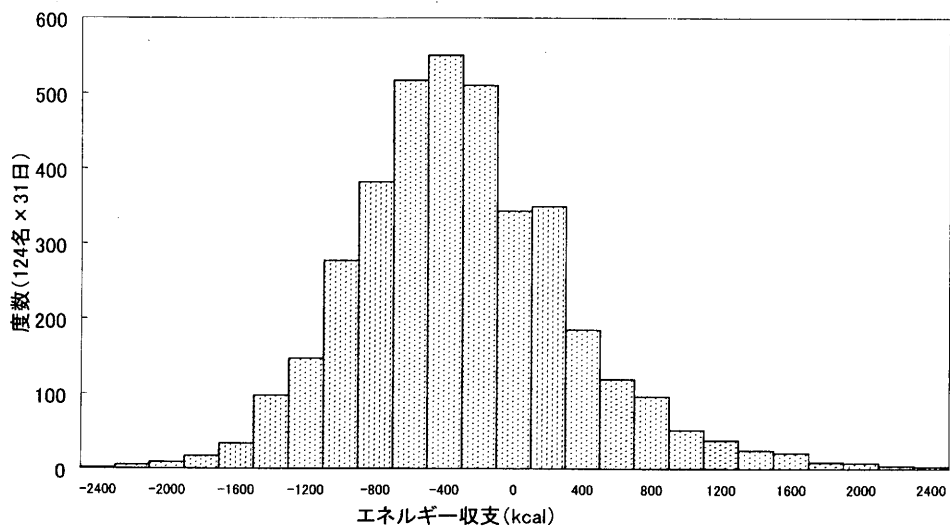


図3 エネルギー収支の分布

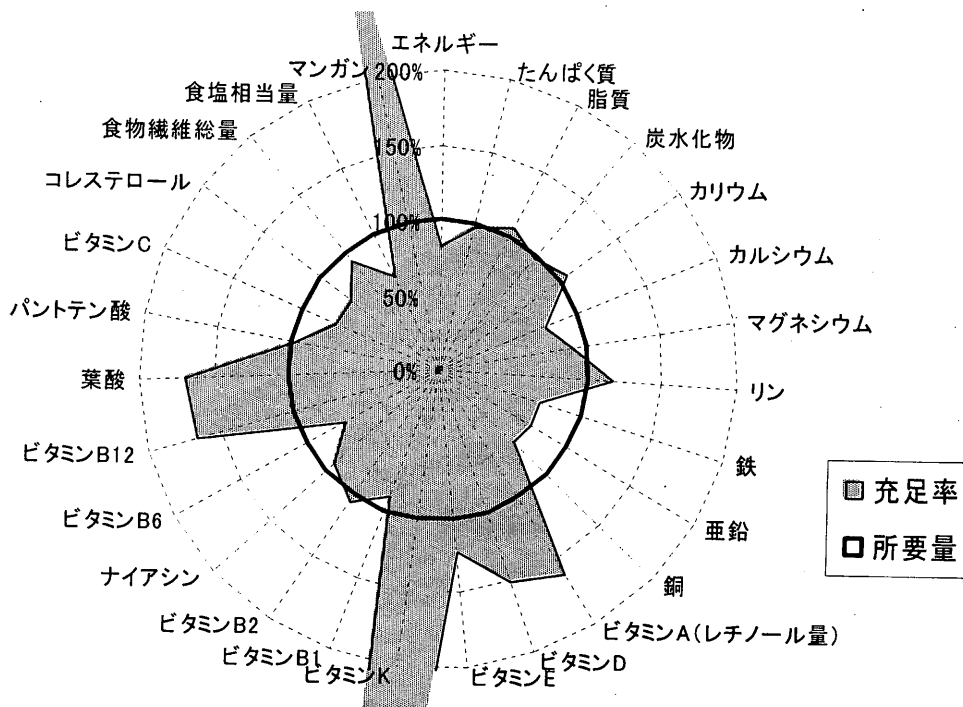


図4 栄養所要量に対する充足率(129例の1ヶ月の平均値)

3.2 エネルギーにおける周期性の検討

図5-Aは、ある対象者のエネルギー収支について1ヶ月間にわたって時系列的に表したものである。X軸、Y軸はそれぞれ測定日、エネルギー量を示している。本例のエネルギー動態について最小自乗法を用いて解析した結果を図5-Bに示す。本例のエネルギー動態は、それぞれ式(1)～(3)に示す7日を周期とする曲線にあてはめることができ、統計学的に有意のリズムが認められた($P < 0.05$)。

$Y = 1940 + 479 \cos(2\pi t/7 - 1.34)$ ----- (1) エネルギー摂取量

$Y = 1703 + 191 \cos(2\pi t/7 - 0.9)$ ----- (2) エネルギー消費量

$Y = 237 + 317 \cos(2\pi t/7 - 1.59)$ ----- (3) エネルギー

収支

本例のエネルギー摂取量とエネルギー消費には位相のずれが存在し、それは1日に相当することが示された。

同様に全例において、周期性の有無を検討した。図6にエネルギー摂取量、消費量および収支における周期の頻度分布を示す。X軸は、対象者それぞれのエネルギー動態を余弦曲線にあてはめたとき、Probabilityが最小となるときの周期(日)を示している。エネルギー摂取、消費および収支に7日の周期を示す対象は、それぞれ、6例(4.8%)、26例(21.0%)および11例(8.9%)であった。一方、月内リズムを示す対象は、それぞれ、12例(9.7%)、5例(4.0%)および10例(8.1%)であった。

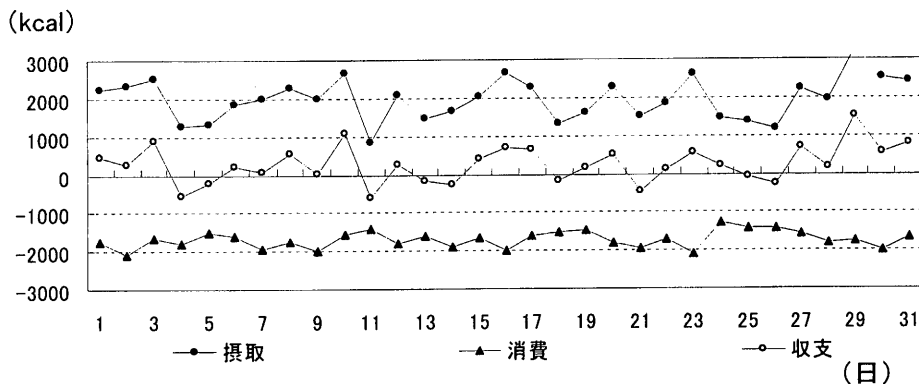


図5-A 一例における1ヶ月間のエネルギー収支の時系列的变化

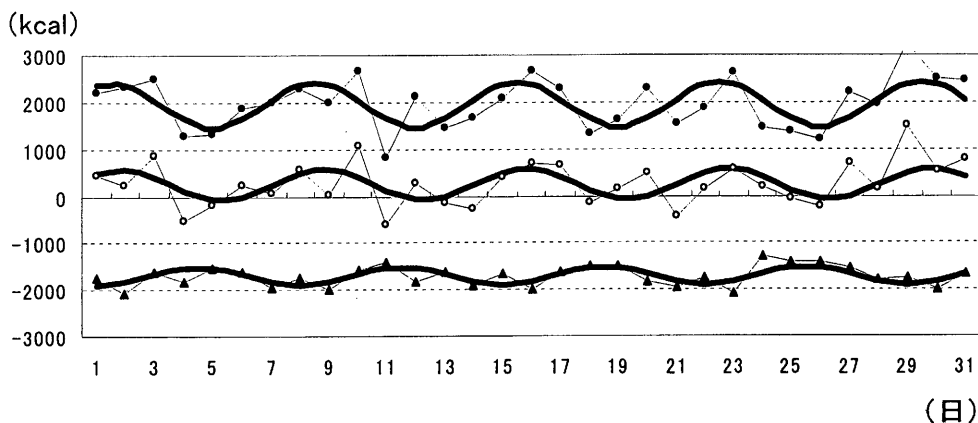


図5-B 一例における1ヶ月間のエネルギー収支の時系列的变化
 実測値に最適予弦曲線(太線)をあてはめた。
 上：摂取エネルギー，中：エネルギー収支，下：消費エネルギーを示している。
 いずれも、週内リズムが認められた。

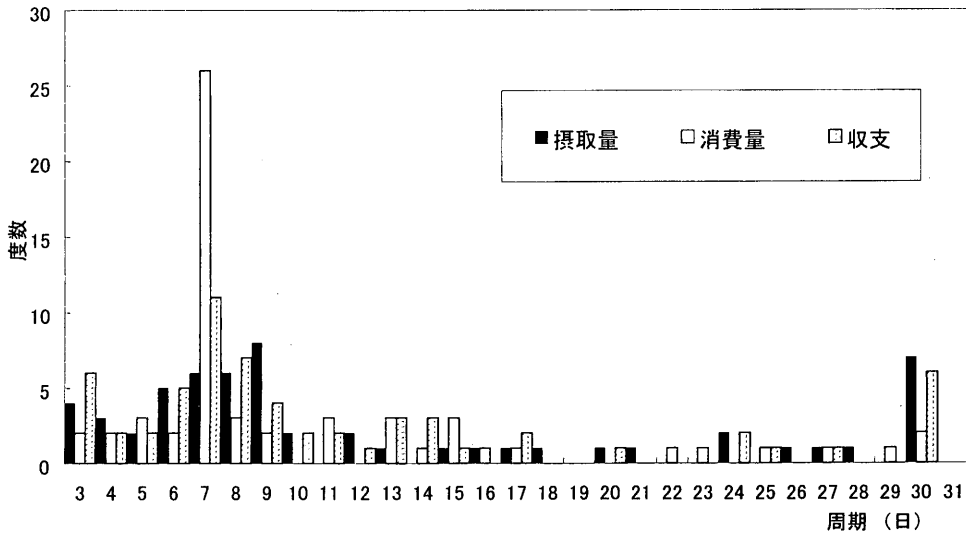


図6 エネルギー摂取、消費および収支における周期の分布

3.3 栄養摂取量における周期性の検討

エネルギー同様、すべての栄養素について周期性の有無を検討した。すべての栄養素において週内リズムおよび月内リズムの存在が認められた。その一例として、ビタミンK摂取量における周期性の特徴を示す。ビタミンK摂取量においては、47例(36.4%)に周期を3~31日とするリズムが認められた(図7)。図8に、比較的短い周期を認めた例のビタミンK摂取状況を1ヶ月にわたって示す。本例のビタミンK摂取量を余弦曲線にあてはめると式(4)で示すことができ、本例のビタミンK摂取量は統計学的に有意のリズムが存在することが示された(P<0.05)。

$$Y = 52 + 30 \cos(2\pi t/4 - 4.6) \text{ ---- (4)}$$

平均は52μgであり、振幅30μg、周期4日で変動し、全対象例の平均値516μgを大きく下回っていた。

図9のX軸およびY軸はそれぞれビタミンK摂取にリズムを認めた例の周期およびビタミンK摂取量の平均を示す。点線は集団における平均摂取量を示している。周期の短い例の摂取量は、低い値を示し、相関性が認められた(P<0.01)。

4. 考 察

Gersovitzら⁵⁾は7日間の食事記録を行い、後半の記録は前半に比べて妥当性が低下すると報告しているが、

長期食事調査の信憑性の検討は少ない。今回、算出されたエネルギー、栄養摂取量、およびエネルギー消費量の1ヶ月間の平均値は、平成14年厚生労働省国民栄養調査の結果⁶⁾に比べやや低値であるが、同様の特性をもつ集団が示す標準的な数値であり⁷⁾、1ヶ月にわたって記録を継続した場合でもデータに信頼性のあるものと推測された。

今回、1ヶ月間の連続した食事記録を解析することにより、エネルギーおよびすべての栄養素の摂取状況の動態を対象毎について示すことが可能となった。多人数を対象とした長期にわたる食事調査の報告は、1985年にWillettら⁸⁾によってされている。その報告によると、194名の女性を対象に調査されているものの、1週間にわたる食物摂取状況を年に4回記録したものであり、データの時系列的連続性、サンプリング等間隔性はない。また、Dalvitら⁹⁾は、8名の女性を対象に60日間の食事を連続して調査し、総エネルギー摂取量が月経周期とともに変動すると報告している。しかし、データの解析は排卵前後の10日間の平均値を比較する方法であり、時系列的ではない。したがって、これらの報告より、エネルギー摂取および消費のリズム性についてメタアナリシスを行うことは困難であり、人を対象としエネルギー摂取行動のインフラディアンリズムの解析はほとんどされていない。

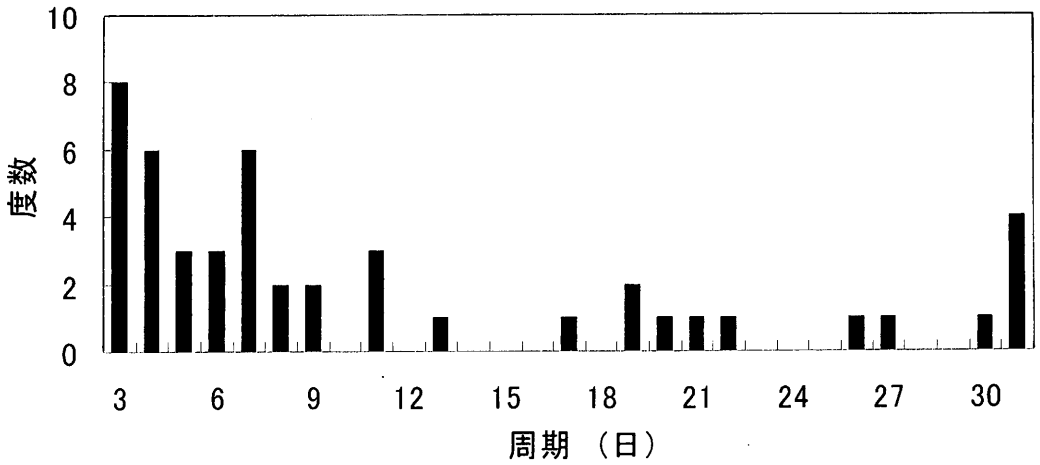


図7 ビタミンK摂取における周期性の分布 (n=47)

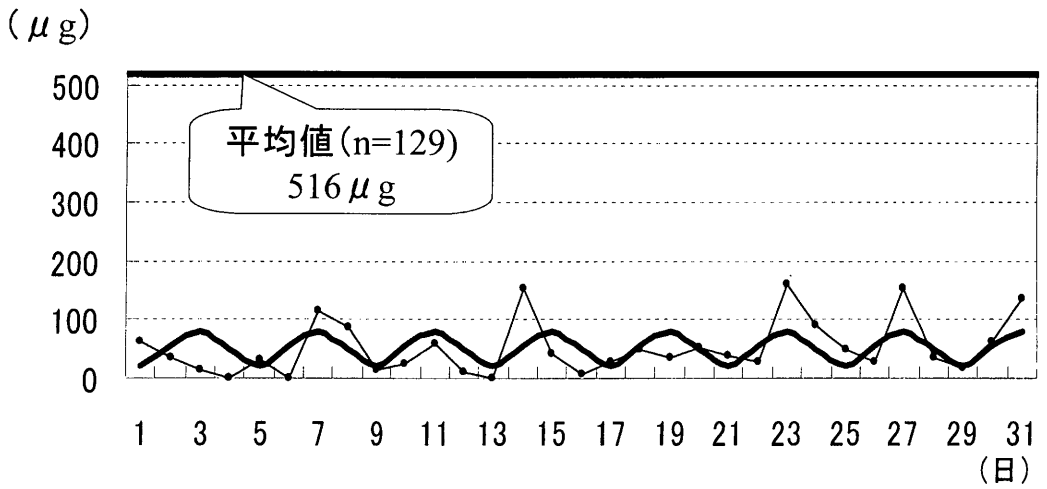


図8 ビタミンK摂取に4日の周期が認められた例

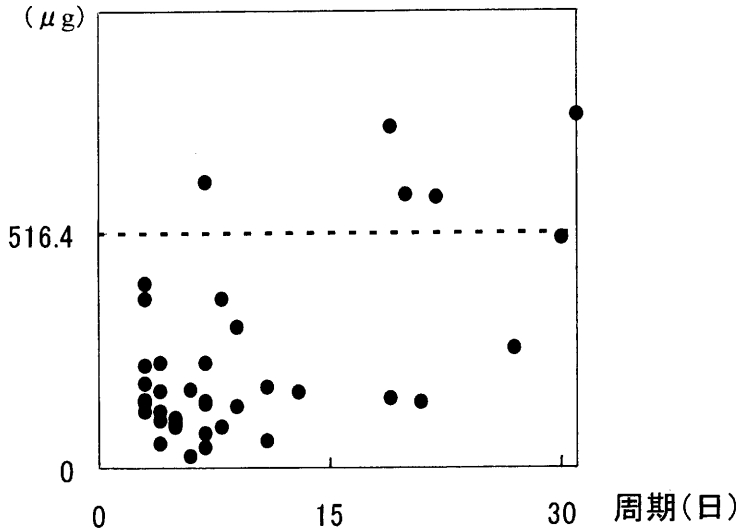


図9 ビタミンK摂取量と周期の関係 (n=47)

生物における周期性は、外的リズム要因あるいは内的リズム要因によって形成されると考えられる。今回、結果のエネルギー収支のリズムの特徴として、第一に、1週間の周期性があることが挙げられる。とくにエネルギー消費については、週内リズムを認める例が多い(21.0%)。週内リズムによるエネルギーの調節は、社会的・外的要因によって影響を受けていることが推測されるが、これが本来生体に備わっている機能に依存するものか、社会的行動に依存するものかは明確ではない。また、エネルギー消費の位相がエネルギー摂取の位相に1日先行する例が存在した。つまり、エネルギー消費量が増加した日の翌日にはそれを補うためにエネルギー摂取量が多くなっている。本例のエネルギー調節は、行動がエネルギー摂取を支配していることが推測される。本例における位相のずれは、神経内分泌学的な検討を行う必要があると考えた。つぎに、エネルギー消費では週内リズムを認める例(21.0%)が多いのに対し、エネルギー摂取では月内リズムを認める例(9.7%)が多い。このリズムは内的因子のうち性周期によって形成されているものと推測されるが、正確な周期は2ヶ月間の調査を行い、検討する必要がある。

以上のことから、エネルギー収支には、週内リズムあるいは月内リズム依存性の存在が示唆された。週内リズム依存の行動パターンと性周期依存の行動パターンに相

違があるものか今後の検討が必要であると考えられた。

今回、栄養素摂取における周期性もまた、エネルギー摂取における周期性と同様の特徴を示すかどうかを検討するため、栄養素のうちビタミンKの周期性について検討を行った。ビタミンKの周期の分布の特徴は、エネルギーとは異なり1週間よりも短い周期(15.5%)が多いことである(図7)。ビタミンKは、体内におけるプールが非常に小さいこと、代謝回転速度が速いことが知られている¹⁰⁾。さらに、ビタミンKを多く含む食品として、納豆、緑黄色野菜などが挙げられる⁴⁾。微量栄養素は、ある特定の食品に集中して多量に含まれている傾向があるため、その日の食品選択に依存して、その摂取量の変動性が著しい。この食品選択もまた、ビタミンKの摂取動態のリズム形成に関与していると考えられる。これらのことより、ビタミンKの摂取動態は、エネルギーとは異なった制御機構が存在するのか、今後検討することの必要性が示唆された。

他の栄養素についてはそれぞれ生体における機能や体内における貯蔵量、代謝速度、食品含有量などが異なり、栄養摂取における周期の意義も異なるものと考えられ、時系列的解析の必要性が示唆された。

5. 要 旨

エネルギーおよび各栄養素について、時間栄養学的検討を行った。エネルギー摂取においては週内リズム依存性(4.8%)、あるいは月内リズム依存性(9.7%)があることが示された。ビタミンKについてはエネルギー摂取とは独立した1週間よりも短い周期性を示す例(15.5%)が多く認められた。

6. 謝 辞

今回、調査にご協力いただいた学生の皆さんに感謝いたします。

7. 文 献

- 1) 健康・栄養情報研究会編：管理栄養士国家試験出題基準(ガイドライン)，第一出版(2002)
- 2) 小林美佳子，荒木順子，市丸雄平：東京家政大学研究紀要，42，49 - 58 (2002)
- 3) 小林美佳子，他：東京家政大学研究紀要，44，37 - 43 (2004)
- 4) 科学技術庁資源調査会編：五訂日本食品標準成分表，医歯薬出版(2001)
- 5) Gersoviz M., et al: J. Am. Diet. Assoc., 73, 48-55 (1978)
- 6) 健康・栄養情報研究会編：国民栄養の現状(平成14年厚生労働省国民栄養調査結果)，第一出版(2004)
- 7) 色川木綿子，宇和川小百合：東京家政大学研究紀要，42，19 - 25 (2002)
- 8) Willett W. C. L., et al: Am. J. Epidemiol., 122, 51-65 (1985)
- 9) Dalvit S. P.: Am. J. Clin. Nutr., 34, 1811-1815 (1981)
- 10) 木村 修一，小林 修平監修：最新栄養学(第8版) - 専門領域の最新情報，建帛社(2002)

Abstract

To examine the infradian nature of energy expenditure and food intake, we analyzed 31-day continuous records of dietary intake. The records were obtained from 129 students with a mean age of 19 by using IT-based education system specially designed in our laboratory. We analyzed the rhythmic nature of energy intake (EI), energy expenditure (EE) and energy balance (EB) per day. The rhythmicity of the parameters was analyzed by using Cosine Spectrum Analysis Method. The mean value of EI, EE and EB was 1497 \pm 74, 1895 \pm 43, and -396 \pm 86 (kcal) respectively. Circaseptan (about a week) EI, EE and EB rhythms were observed in 6/124 (4.8%), 26/124 (21.0%) and 11/124 (8.9%) students. Circamenstrual change of EI, EE and EB were observed in 12/124 (9.7%), 5/124 (4.0%) and 10/124 (8.1%) students. Vitamin K intake rhythm that were observed in 20/129 (15.5%) students was shorter than 7 days. Further study is needed for the elucidation of biological significance of these rhythms.