

【総説】

時間栄養学と健康

加藤秀夫*¹ 田中夏海*¹ 齋藤望*¹ 前田朝美*¹
 今村麻里子*¹ 妹尾良子*¹ 出口佳奈絵*¹ 西田由香*¹

(2017年3月6日受付, 2017年9月5日受理)

要旨: からだのリズムは、ホメオスタシスと異なった調節機構で健康づくりと生活習慣病の予防において重要な生理的役割を果たしている。まず、からだのリズムと摂食行動との関連を明らかにするために血中副腎皮質ホルモンのリズム形成を調べた。その結果、ホルモンのリズム形成に、口から食べることの大切さと消化管の役割を明確にした。また、血中副腎皮質ホルモンの日内リズムには、明暗周期よりも摂食時刻が重要であることを示唆した。活動と明暗の周期性に体温のリズムが深く関与していることも明らかにした。1日3食の食事摂取のタイミングと健康効果を時間栄養学の観点から考察した。健康と競技力向上を目的にしたスポーツ・運動と食事の組み合わせについても検討した。最後に、食塩制限の効果的な摂食時刻を明らかにし、適塩の重要性を浮き彫りにした。

キーワード: 口から食べることの大切さ, 血中副腎皮質ホルモンリズム, 明暗周期と摂食パターン

I. はじめに

からだのリズムは、体温や血圧、睡眠、運動などの生命活動を始め、心と身体の健康を管理している司令塔であり、時々刻々と移り変わる生活環境の周期的な変化、つまり生活リズムに適応するための自律的な予知機能も備えている。

からだのリズムは一旦形成されると、たとえ急激な環境変化があっても数日間は維持されている。例えば、1日ぐらゐ不規則な生活をしてからだのリズムは自主管理で守られる仕組みになっている。しかし、不規則な生活を繰り返していると体調を崩し、体力・気力だけでなく食べる力も弱くなり、予防医学で大切な免疫力が減少する^{1,2)}。免疫系の代表である胸腺由来のT細胞と骨髄由来のB細胞などのリンパ球数は活動期に低く、睡眠時に高い日内リズムを形成している³⁾。免疫系の生体リズムは、摂食周期と活動周期に連動する血中副腎皮質ホルモンの日内リズムと依存している。また、不規則な胸腺リズムと寝不足は健康障害の原因となる。このことから、1日3食の規則正しい食生活は体調を整える体内時計の維持に重要である⁴⁾。しかし、生体リズムの形成に摂食サイクルと明暗サイクルのいずれが不可欠であるかはほとんど不明である。この不明な仕組みを明らかにすることが時間栄養学の意義と進展に寄与すると考えられる。

II. からだのリズムと摂食行動～とくに血中副腎皮質ホルモンのリズム形成において～

副腎皮質ホルモンの分泌は、脳幹の視床下部・下垂体・副腎皮質のフィードバック機構によって調節され、中枢神

経系を介して行われている。外部（明暗、食事など）からの情報を正しく伝達するシステムである内分泌系は、このフィードバックの恩恵で生命及び健康が維持されている。

1. 口から食べることの大切さとホルモンリズム

ラットに毎日一定の時間帯に栄養液を経口的に与えると、血中副腎皮質ホルモンの日内リズムは摂食時間に対応して発現するが、同時間帯で中心静脈内に非経口的に与えると日内リズムが消失した(図1)⁵⁾。血中尿素は経口または非経口に関係なく、栄養液の摂取によって増加する日内変動が認められた。双方の結果から血中副腎皮質ホルモンのリズム形成には口から摂取する食餌そのものと、食餌を感知する消化管が関与していることを明らかにした。また、タンパク質の含まない食餌摂取ではこのホルモンリズムが消失した。これは、ホルモンリズムの形成には口から規則正しく摂食することのほかに食餌タンパク質の必須アミノ酸が重要であることを示唆した。

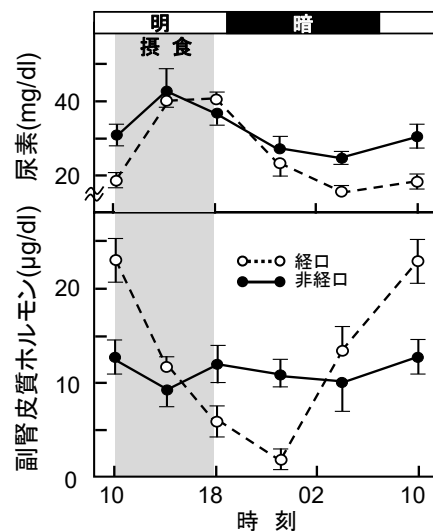


図1 非経口栄養におけるラットの血中副腎皮質ホルモンの日内リズム

東北女子大学 Tohoku women's college
 〒036-8530 青森県弘前市清原 1-1-16 TEL:0172-33-2289
 1-1-16, kiyohara, Hirosaki-shi, Aomori, 038-8530, Japan

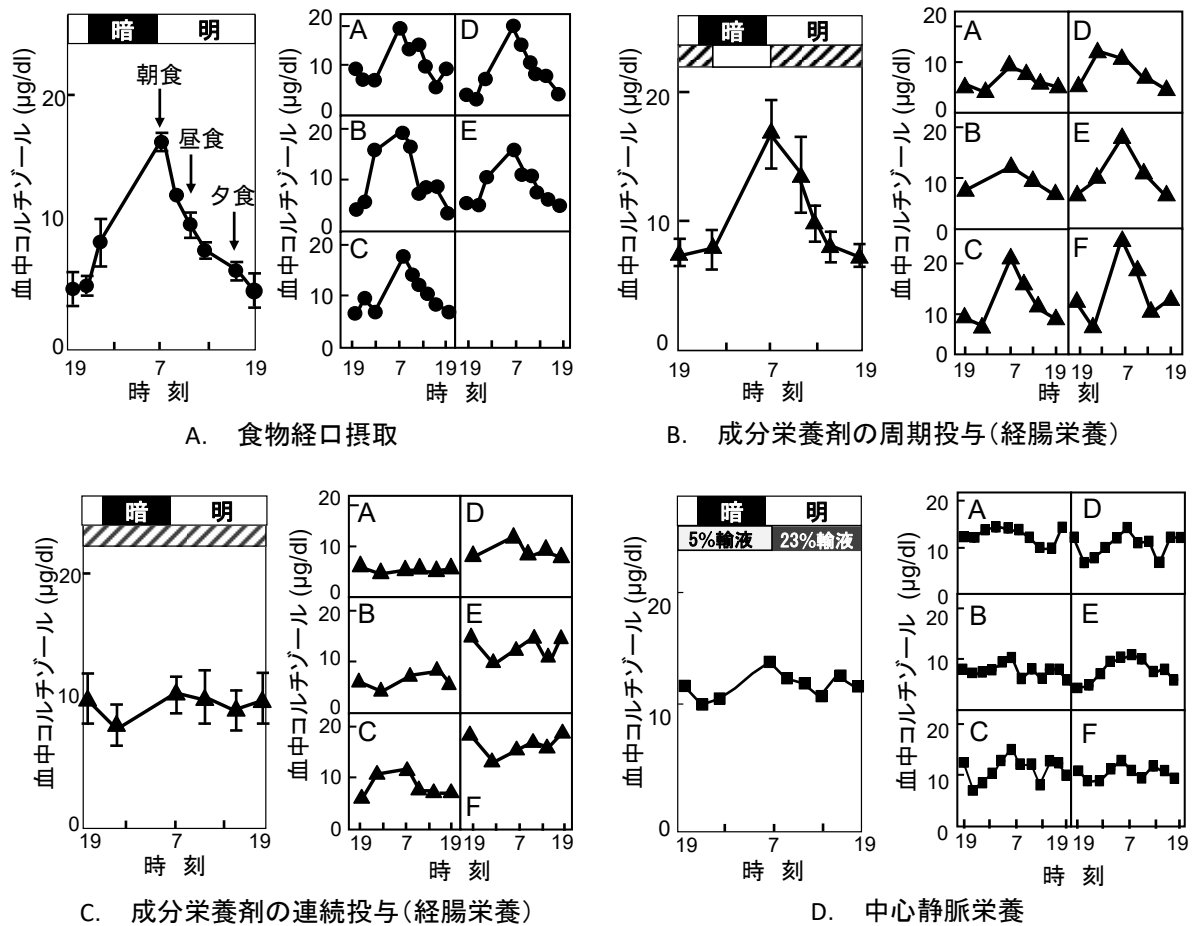


図 2 ヒト血中副腎皮質ホルモンの日内リズムと非経口栄養と摂食パターン

2. リズム形成における消化管の役割

消化管のどの部分がリズム形成に重要であるかを調べるために、小腸を部分的に切除したラットで検討した。小腸の下半分に相当する回腸を切除した場合には、摂食時刻に対応した副腎皮質ホルモンリズムが認められ、空腸を切除したラットにはリズムの振幅が減衰し、消失した^{6,7)}。血中尿素は、空腸と回腸の切除に関係なく摂食によって増加する日内リズムを示した。この実験動物の研究から血中副腎皮質ホルモンのリズム形成・維持には摂食リズムと食餌タンパク質に含まれる必須アミノ酸の刺激を感知する空腸が重要な役割を果たしていると考えられる。次にこの研究結果がヒトでもあてはまるか否かを検討した。

3. ヒトのホルモンリズム形成に明暗周期と摂食パターンのいずれが大切か

ヒトの血中コルチゾール（副腎皮質ホルモン）リズムの同調因子、特に明暗と食事のどちらがより関与しているかを検討するために、口腔外科領域の手術後、経腸栄養法により栄養物を与えられている患者について、血中コルチゾール濃度のリズム変動を調べた（図 2）。明暗周期のある病院に入院し、経口的に食物を摂取している 5 名の患者の血中コルチゾールリズムは、いずれも血中コルチゾール濃度が夕方から夜半にかけて低く、朝方に高値を示した（図 2A）。

次に、経腸栄養法の施行にあたって、成分栄養剤を午前 7 時から午後 11 時までの 16 時間のみ投与する周期投与群と、1 日中継続的に投与する連続投与群を設けた。周期投与群 6 名の血中コルチゾール濃度は、いずれも夕方方に低く明け方に高くなり、食物経口摂取者と同様の日内リズムが認められた（図 2B）。連続投与群 6 名については、血中コルチゾール濃度は 1 日中ほぼ一定となっており、各時刻の平均値に有意差がなく日内リズムも消失した（図 2C）^{8,9)}。したがって、ヒト血中副腎皮質ホルモンの日内リズムは明暗周期より摂食パターンに依存していることが考えられる。

さらに、何らかの疾患で消化管を通しての栄養摂取ができない中心静脈栄養の患者に対して、高カロリー栄養輸液を 24 時間連続投与だけでなく日中高濃度・低濃度の傾斜投与でもホルモンリズムが消失した（図 2D）。この結果から、血中副腎皮質ホルモンのリズム形成には、明暗周期に関係なく消化管を経由した規則正しい食事摂取が不可欠であると考えられる。実験動物のラットでは、副腎皮質ホルモンに限らず、種々の生理機能の日内リズムは摂食時刻に同調することがよく知られている^{10,11)}。しかし、ヒトの日内リズムにおいて摂食リズムが重要であることを明確に示したのは本研究が初めてである。近年、疾病や老化などの原因により飲食物の咀嚼や飲み込みが困難になる嚥下障害

者に摂取可能な嚥下食品の開発や投与技術が進み、口からの栄養摂取の重要性がなお一層クローズアップされている。今後、成分栄養の質や量の問題に加えて、投与方法についても生体リズム学の立場から、より栄養生理的かつ臨床栄養学的にすぐれた方法を探る必要がある。

4. 体温の日内リズム

血中副腎皮質ホルモン（コルチゾール）の日内リズムと同様の結果が、ヒトの体温の日内リズムでも認められている。経腸栄養剤の投与周期を変えてみると、日中投与では栄養摂取によって増加する典型的な体温リズムを示す（図3A）。しかし、明暗周期があっても、投与周期のない連続投与では体温リズムは消失した（図3B）。一方、就寝時の夜間だけに栄養補給しても、振幅の小さい体温リズムしか認められなかった。このことから、体温リズムの発現には、血中副腎皮質ホルモンリズムと同じように、消化管を経由する栄養摂取と体内時計の双方が重要である。ヒトの体温は、活動・休息リズムに連動して起床直後から徐々に上昇し始め午後2時頃にピークを迎え、睡眠時に最低値となる。身体機能や消化管機能も、生活リズムに対応してピークを示す時間帯がある。日常の食習慣によって、食事時刻を予知し事前に消化酵素を分泌するリズムが形成され、食事に備えて胃腸の働きが活発になることから、同じ栄養物を摂取しても生活時間帯によって消化吸収や生体内の利用効率は異なる。不規則な生活習慣では消化吸収やエネルギー代謝の日内リズムと摂食時刻にズレが生じ体調は崩れる^{12,13)}。また、消化管機能がピークを示す夕方より夜遅い時間帯に脂肪の多い食事に偏ると肥満になりやすくなる¹⁴⁾。

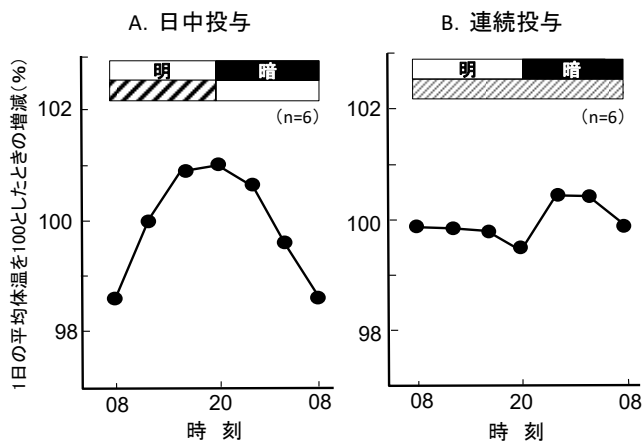


図3 経腸栄養の投与周期の違いによる体温の日内リズム

Ⅲ. 食事摂取のタイミング~いつ何を食べるとよいか~¹⁵⁾

1. 朝食¹⁶⁾

1日3回の食事で朝食を重視する理由は、体温やホルモン分泌のリズム形成において不可欠だからである。就寝前の食事（夕食）から長時間の空腹を経た後に食べる朝食

〔breakfast=空腹 (fast) を断ち切る (break)〕の刺激は、からだ全体に目覚めを伝える信号として重要である。血中副腎皮質ホルモンの日内リズムは朝にピークを示し、燃料切れのからだ全体にエネルギーを産生する準備状態にある。そのタイミングで食事をすると脳の働きや活動力を高めることができる。朝食の欠食習慣は、基礎代謝と体温の低下を招き免疫力も弱くなると考えられている。肥満も朝食欠食者に多いことがよく知られている。肥満者の増加は食生活だけでなく、睡眠不足や交代勤務も関係している。睡眠サイクルの乱れや短い睡眠時間は空腹感を促すグレリンの分泌量を増加させ、一方で食欲を抑えるレプチンの分泌量が低下するために過食の原因となる。つまり、早寝早起きで十分な睡眠をとり、1日3回の食事を規則正しく食べる生活習慣が健康維持に重要である。

2. 昼食

朝食で摂取したエネルギーは、午前中の活動エネルギーとしてほぼ使い果たされる。昼食は午後の活動源として重要な食事となる。また、夕方のトレーニングは成長ホルモンの分泌を促進する。成長ホルモンの生理的効果を促進するためには、身体づくりの材料となるタンパク質など栄養素を豊富に含んだ昼食を摂取することである。食事の消化吸収時間を考えて、夕方のトレーニングを維持するためには、4~5時間前の昼食が重要なカギを握っている。エネルギー不足の状態ではトレーニングやスポーツ活動を続けると、体タンパク質の分解が促進し、筋力や集中力の低下、疲労の原因となる。体力づくりとスタミナづくりには良質なタンパク質やビタミン類が必要で、ご飯などの主食と肉や魚の主菜、野菜の副菜をバランスよく組み合わせると効果的である¹⁷⁾。

3. 夕食

トレーニング後の筋肉はエネルギー源が枯渇し、体タンパク質の分解が亢進した状態にある。からだの疲れやダメージを一刻も早く取り除き、筋肉の貯蔵型エネルギーであるグリコーゲンを速やかに回復させて、翌日に体調よく臨むためには、夕食の食事内容と摂取タイミングが重要である。運動直後に高糖質・高タンパク質の食事を摂取することは、運動後しばらく経ってから食事をすることも筋肉タンパク質の合成や筋肉グリコーゲンの貯蔵が促進される。つまり、夕方の運動終了後は、できるだけ早く糖質とタンパク質を豊富に含んだ食事を摂取することが疲労回復と体力向上に有効である。また、柑橘類などに含まれるクエン酸は乳酸の分解とグリコーゲン合成を促進する。夕食の参考例として、ご飯などの糖質に脂肪分の少ない魚や赤身の肉、梅干し、オレンジ、バナナなどを加えることが望ましい¹⁸⁾。

IV. スポーツ・運動と栄養

スポーツ・運動は体力の向上と健康の維持・増進のために欠かせない。その効果を最大限に活かすために、いつ、どのような運動をするとよいか重要となる。

体温や血圧、身体機能が最低値を示す早朝は、激しい身体活動にも適さない時間帯である。練習時間を得るために早朝に激しいトレーニングをする朝練は、ノルアドレナリンやアドレナリンの分泌を促進する。これらのホルモンが過剰になると心拍数や血圧が急上昇し心臓への負担も大きくなる。心筋梗塞や狭心症の発症は午前が多いことから、特に中・高齢者における早朝の激しい運動には要注意である。一方、骨格や筋肉の構成に関与する成長ホルモンは、睡眠初期の深いノンレム睡眠時に分泌がピークとなる日内リズムを示し、「寝る子は育つ」の裏付けとなっている。成長ホルモンの分泌は強度の強いトレーニングによっても促進されるが、運動の実施時期によって成長ホルモンなど内分泌・代謝の応答性も異なる。男子高校生を対象に朝方と夕方に1,800m走を負荷して成長ホルモンの血中への分泌を調べた。その結果、朝の運動よりも夕方の運動によって成長ホルモンの分泌が亢進した(図4)。成長・発達に深く関与する成長ホルモンだけでなく、エネルギー代謝に重要な役割を果たしている下垂体の甲状腺刺激ホルモンの分泌も夕方の運動で増加した。これらの研究結果から、午後から夕方にかけての時間帯のトレーニングは、安全で体に負担が少なく、より運動効果が得られやすいと考える^{19,20)}。

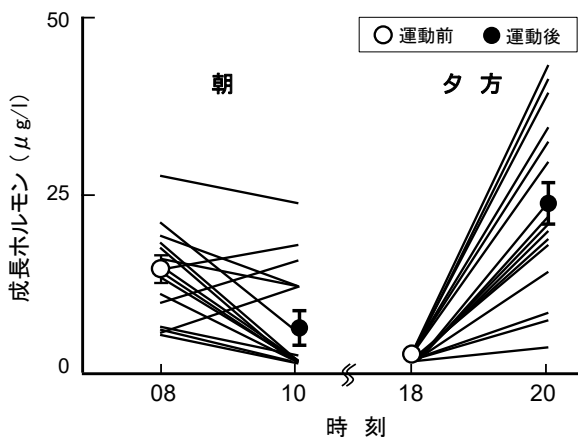


図4 血中成長ホルモンの分泌と運動時刻

V. 食生活と糖質代謝

1. 肝臓と筋肉の糖質代謝リズム

肝臓は摂取した糖質をグリコーゲンとして貯え、空腹時には糖新生を行い、血糖を常に一定に維持している。糖質代謝における肝臓の機能を直接的に観察するために、肝臓に入る前の門脈と、肝臓を介した肝静脈の採血を行った。門脈血糖値から肝静脈血糖値を差し引いた値は、肝臓での糖利用度を示している(図5)²¹⁾。摂食直後は正の値(門脈血よりも肝静脈血の方が低い)であることから、肝臓で

の糖質取り込みが促進されたと考えられる。逆に、摂食開始から13時間後の23時と空腹時の8時には、血糖値差が負の値(門脈血よりも肝静脈血の方が高く、肝臓で糖が合成されて放出された)を示すことから、肝臓による糖新生が行われたと考えられる。次に、糖質エネルギーの主な貯蔵庫である肝臓および赤筋(ヒラメ筋)と白筋(長指伸筋)グリコーゲンの日内リズムと摂食の関係調べた^{22,23)}。赤筋グリコーゲンは、摂食後直ちに増加し、その後減少する典型的な日内リズムが認められたが(図6)、白筋グリコーゲンでは、明確な日内変動は認められなかった。食後の筋肉グリコーゲン動態は筋線維タイプによって異なり、白筋に比べて赤筋の方が典型的な摂食に伴う日内リズムを示すことが明らかとなった。収縮速度が遅く持久性のある遅筋線維(赤筋)は、収縮速度が速く瞬発力のある速筋線維(白筋)に比べて糖輸送担体(GLUT4)含量が多く、インスリン感受性も高い²⁴⁾ことから、摂食後直ちに白筋よりも赤筋への糖の取り込みが促進され、赤筋のグリコーゲン貯蔵が著しく増加したと考えられる。一方、摂食後の肝臓グリコーゲンは、ヒラメ筋より数時間遅れて増加した。このことから、食後の糖質処理において、肝臓よりヒラメ筋の貢献度が高いことを示唆した。

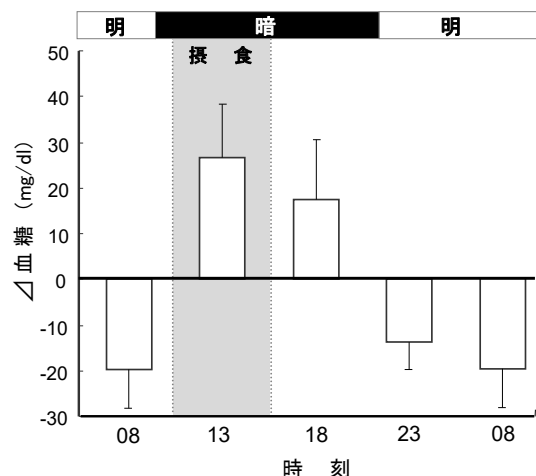


図5 肝臓における糖質代謝リズム

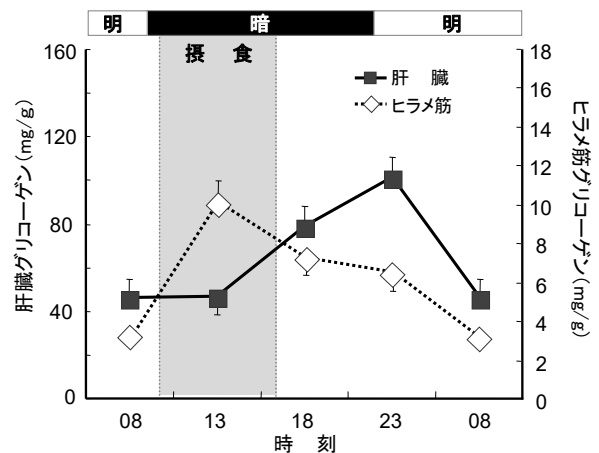


図6 肝臓とヒラメ筋のグリコーゲンにおける日内リズム

2. 夜食によるグリコーゲン代謝への影響

朝食, 昼食, 夕食の1日3食が食事の基本である。夜食は, 規則正しい食生活から逸脱した就寝前の時間帯に十分な食事を摂取することである。仕事や活動時のエネルギー源となるヒラメ筋グリコーゲンは摂食前の空腹時に低く, 摂食によって増加し, その後減少する日内リズムが認められた。しかし, 1日摂食量の1/3を遅い時刻に摂食させた場合, 摂食によるヒラメ筋グリコーゲンの増加は認められなかった(図7)²¹⁾。また, 脳などにグルコースを供給する肝臓グリコーゲンは, 摂食直前の空腹時に低く, 摂食によって増加し, その後糖新生の利用による低下が認められるが, 1日摂食量の1/3を遅い時刻に摂取させると肝臓グリコーゲンの総貯蔵量は減少した(図8)²²⁾。つまり, 遅い時刻に摂取する夜食では, 摂取した栄養素が筋肉や肝臓グリコーゲンの合成に利用されず, むしろ脂肪蓄積につながると考えられる。また, グリコーゲンを十分に蓄えられないため, 肝臓や脳の働き, 活動力への影響だけでなく高血糖の原因になる可能性が高いため, 夕食を“夕方”に食べることは, 肥満やメタボリックシンドロームの予防に重要である。

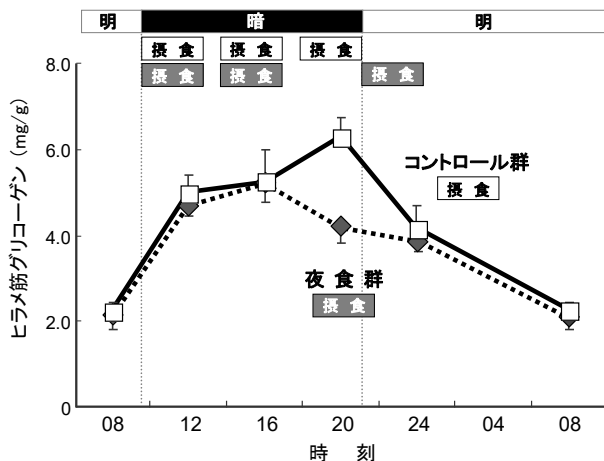


図7 ヒラメ筋グリコーゲンの日内リズムに及ぼす摂食パターン

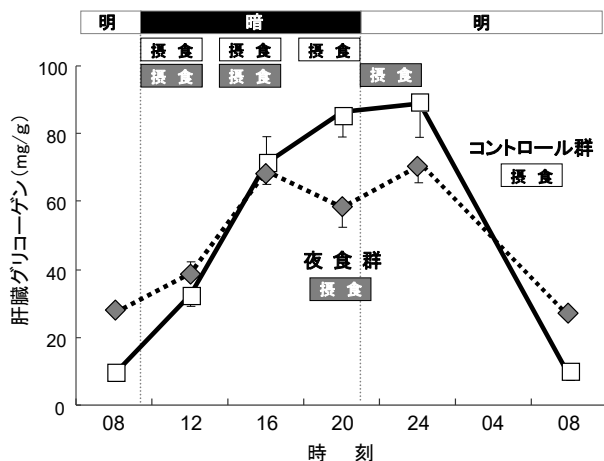


図8 肝臓グリコーゲンの日内リズムに及ぼす摂食パターン

VI. 食塩を制限する摂食時刻

食塩のナトリウムと塩素は体液調節と血圧調節に影響する微量栄養素である。美味しさの基本となる大切な調味料である食塩は, 食欲を高め, 消化吸収に大切な栄養素である。一方, 食塩摂取と血圧の間に相関があることはよく知られており, 長期間, 塩辛い食生活が習慣づくと血圧が高くなるので, 健康も病気も塩加減一つである。高血圧症は生活習慣病の1つとして, 現代の高齢化社会を代表する病気になっている。

血圧は健康のパロメーターといわれ, 血圧が低いと血液中の栄養素が体を作っている臓器や組織の隅々までいきわたらないため, 生気がなくなる。低血圧の人は, 朝目覚めた時にすぐに起きられず, 胃腸の調子もよくないなどの症状を訴える。逆に血圧が高いと, 心臓に余計な負担をかけたり, 血管がもろくなって脳出血を引き起こしたり, また動脈硬化が進展する。このことを踏まえて, 食塩の摂取と血圧との関係を時間栄養学の観点から検討した。健康な女子大学生で, 同じ高塩食を摂取しても1日の時刻によりナトリウムと塩素の尿排泄に差があり, 朝や昼に比べて夕食後に食塩の尿排泄が多いことを見出した。この現象には, 朝に高く夜に低い血中アルドステロンの日周リズムが関与している。ミネラルコルチコイドのアルドステロンは, 腎臓でナトリウムの再吸収を促し間接的に昇圧作用を示す。また, 副腎皮質ホルモンのグルココルチコイドはアルドステロンの感受性を高める。両ホルモンの血中レベルが高くなる朝は, 仕事や活動をするために血圧が高くなりやすいのも当然かも知れない。

高血圧の予防と治療の塩分制限は, 特別な根拠もなく, 朝昼夕の3食とも行われているが, ホルモンのリズムが正常であれば, 血中アルドステロンの高い朝と昼に食塩を制限し, 夕方は比較的制限を緩やかにすることが可能である。

VII. おわりに

食と栄養は生体リズムを形成し, その生体リズムは体調を整え, 健康の道しるべとなる。「いつ・何を食べるか」の時間栄養学は健やかに楽しく生きるための新しい栄養学であり, これからの健康づくりと生活習慣病の予防に不可欠な「食の健康科学」と考えられる。

VIII. 利益相反

本研究において, 利益相反に相当する事項はない。

引用文献

- 1) Sahar S, Sassone-Corsi P : Regulation of metabolism : The circadian clock dictates the time. *Trends Endocrinol Metab*, 23 (1) : 1-8, 2012.
- 2) Zarrinpar A, Chaix A, Panda S : Daily eating patterns and their impact on health and disease. *Trends Endocrinol Metab*, 27 (2) : 69-83, 2016.
- 3) 熊谷勝男, 片岡茂樹 : 免疫における時間生物学. *蛋白質・核酸酵素*, 82 (1) : 179-198, 1982.
- 4) 加藤秀夫, 三浦由紀子, 西田由香, 河原裕美 : からだのリズムと生活習慣病. *日本体質学雑誌*, 63 : 19-21, 2001.
- 5) Kato H, Saito M, Suda M : Effect of starvation on the circadian adrenocortical rhythm in rats. *Endocrinology*, 106(3): 918-920, 1980.
- 6) Saito M, Kato H, Suda M, Yugari Y : Parenteral feeding abolishes the circadian adrenocortical rhythm in rats. *Experientia*, 3 (77) : 745-755, 1981.
- 7) Kato H, Saito M, Shimazu T : Attenuated blood corticosterone rhythm in rats with jejunal resection. *Life Sciences*, 34:331-335, 1984.
- 8) 加藤秀夫, 斉藤昌之, 嶋津 孝, 他 : ヒト副腎皮質ホルモンの日内変動におよぼす経腸栄養の効果. *日本栄養・食糧学会誌*, 37(1) : 9-12, 1984.
- 9) Kato H, Saito M, Shimazu T, et al : Effects of cyclic and continuous total enteral nutrition on circadian cortisol rhythm. *J Clin Biochem Nutr*, 2 : 83-89, 1987.
- 10) Saito M, Kato H : Roles of glucocorticoid in circadian changes in the plasma insulin response to food intake in rats. *Biomedical Research*, 8(5) : 323-328, 1987.
- 11) Saito M, Nishimura K, Kato H : Modifications of Circadian Cortisol Rhythm by Cyclic and Continuous Total Enteral Nutrition. *J Nutr Sci Vitaminol*, 135 : 639-647, 1988.
- 12) 斉藤昌之, 加藤秀夫 : 摂食予知行動と代謝リズム. *蛋白質・核酸・酵素 (特集) 生物リズムと生物時計*, 27(2) : 134-142, 1982.
- 13) Saito M, Kato H : Circadian anticipatory response to food intake in behavioral and endocrine functions. In : Hiroshige T, Honma K, editors. *Circadian Clocks and Zeitgebers*, pp146-156, Hokkaido Univ press, Sapporo, 1985.
- 14) 大谷直子, 市川知美, 西田由香, 他 : 食餌の組み合わせと摂食時刻の違いによる生体への影響. *県立広島女子大学生活科学部紀要*, 8 : 73-80, 2002.
- 15) 加藤秀夫, 苅坂詩織, 山田和歌子, 花田玲子, 齋藤望 : 時間栄養学から見た糖質代謝と食育. *砂糖・でん粉情報 (独立行政法人農畜産業振興機構)*, 10 : 1-3, 2013.
- 16) 加藤秀夫, 中村亜紀, 西田由香 : 考えよう時間栄養学の大切さ ~食とからだのリズム~. *日本栄養士会誌*, 11:4-11, 2009.
- 17) 西田由香, 加藤秀夫 : 時間栄養学からスポーツ・運動を科学する. *Food style 21*, 16 (8) : 23-25, 2012.
- 18) 竹内, 保手濱, 江島, 中田, 佐野, 加藤, 西田 : 食餌内容と摂食時刻のいずれが生体に影響するか?, *広島スポーツ医学研究会誌*, 13 : 29-32, 2012.
- 19) 加藤秀夫, 石倉三奈子, 岡 道子, 他 : 1日の運動時刻による運動機能・生理機能の相違. *日本栄養・食糧学会誌*, 45 (1) : 33-38, 1993.
- 20) 加藤秀夫, 田口智子, 石倉三奈子, 奥 恒行 : 三大栄養素の運動生理生化学機能への影響, *運動生化学*, 6 : 67-74, 1994.
- 21) 出口佳奈絵, 植田さつき, 齋藤亜衣子, 佐野尚美, 加藤秀夫, 西田由香 : 肝臓の糖質代謝リズムに関する研究 (1) ~特に摂食時刻に関して~, *県立広島大学人間文化学部紀要*, 6 : 25-33, 2011.
- 22) 中村亜紀, 渡邊宏美, 高津有紀, 加藤秀夫, 高野 優 : 摂食パターンの違いによる肝臓および筋肉グリコーゲンの日内リズム, *県立広島女子大学生活科学部紀要*, 9 : 55-63, 2003.
- 23) Lillioja S, et al : Skeletal muscle capillary density and fiber type are possible determinants of in vivo insulin resistance in man. *J Clin Invest*, 80 : 415-424, 1987.
- 24) 保手濱由基, 酒井典子, 植田さつき, 佐野尚美, 加藤秀夫, 西田由香 : 夜食の摂取による筋肉グリコーゲン代謝への影響, *広島スポーツ医学研究会誌*, 12 : 36-39, 2011.
- 25) 保手濱由基, 植田さつき, 出口佳奈絵, 佐野尚美, 加藤秀夫, 西田由香 : 非活動期の食餌摂取による糖質代謝リズムへの影響, *県立広島大学人間文化学部紀要*, 7 : 43-51, 2012.

【Review article】

The role of chrono-nutrition in health

HIDEO KATO*¹ NATSUMI TANAKA*¹ NOZOMI SAITO*¹
ASAMI MAEDA*¹ YOSHIKO SENOH*¹ MARIKO IMAMURA*¹
KANAE IDEGUCHI*¹ YUKA NISHIDA*¹

(Received March 6, 2017 ; Accepted September 5, 2017)

Abstract: Almost all metabolic activities of nutrients are under control of the endocrine system, and among them the adrenocortical activity is the most typical example that shows circadian rhythmic changes.

We examined relationships between the plasma corticosterone rhythm and feeding schedules in rats. The plasma corticosterone rhythm corresponding to feeding time appears regardless of whether the rats were kept on a light-dark cycle, or in constant light or were blinded. Therefore, it can be concluded that food, more than illumination, is a potent trigger of the circadian adrenocortical rhythm in rats. In addition to the experiments in rats, we also investigated roles of feeding schedules information of the adrenocortical rhythm in human subjects. The corticosterone rhythm disappeared when rats were given a liquid diet intravenously, but not orally, suggesting a necessary role of the oro-gastro-intestinal tract. In addition to the studies in rats, influence to feeding schedules on adrenocortical rhythms was also examined in hospitalized human subjects under a normal light-dark cycle. A clear plasma cortisol rhythm was observed in patients who had been fed on a liquid diet into-duodenum during a restricted time of day, suggest that the circadian cortisol rhythm in man is more closely related to feeding rhythms than cycles of light-dark and sleep-wakefulness.

As far as we know, this is the first report demonstrating the important of food in entraining human circadian cortisol rhythm. Next, we measured daily rhythm of body temperature in hospitalized patients under continuous and cyclic TEN (total enteral nutrition) . In the diurnal TEN group, body temperature was low at night and early morning and high in the afternoon early evening. In the continuous TEN group, however, body temperature did not show any significant change with clock-time. In conclusion, the timing of diet intake remarkably modifies the circadian rhythm of body temperature and adrenocortical activity in man.

We examined relationship between the feeding time of high salt diet intake and urinary excretion of sodium and chloride. The urinary excretion of sodium and chloride were higher in evening than morning and daytime in woman, is more closely related to the circadian plasma aldosterone rhythm. Furthermore, the clock time difference in endocrine and metabolic responses after physical exercise was assessed according to biorhythm. Physical capacity changed to the time of evaluation, and was greater in the evening than in the morning. Among physiological functions that determine was development of physical strength, plasma growth hormone was higher evening exercise than morning exercise. Further studies are needed on this intriguing idea.

Keywords: A physiological role of oral feeding, Plasma adrenocortical rhythm, Illumination cycle or feeding pattern