

イヌとネコにおける胃 BER 間隔に関する周期分析

鳥取大学医学部第二生理学教室 (主任 及川俊彦教授)

細 貝 正 江・藤 谷 嘉 子・及 川 俊 彦

Periodicity analysis on the time series of gastric BER in dogs and cats

Masae HOSOGAI, Yoshiko FUJITANI and Toshihiko OIKAWA

Department of Physiology, Tottori University School of Medicine, Yonago 683

ABSTRACT

The "basal electric rhythm (BER)" in the stomach, which was recorded using chronic EMG electrodes under unanesthetized and unrestrained state of 2 dogs and 3 cats, was analysed with special reference to its periodicity. The results obtained are as follows.

1. Circadian rhythm of the BER in the stomach accustomed to a feeding schedule of once a day is composed of the fed state and the fasting state in both dogs and cats.
2. Corresponding to differentiation of the fasting state into the contractile and uncontractile periods, the BER intervals show respectively its irregular lengthening and its steadiness in dogs. This kind of differentiation in the fasting state was not evident in cats. The substantiation of this finding in cats was done using autocorrelation function and power-spectral density on the time series of the BER intervals in the fasting state.
3. Such a fact that gastric contraction makes the succeeding BER interval longer was thought to cause irregular lengthening of the BER intervals, irrespectively of periodic or non-periodic nature, in the fasting state of both dogs and cats.

(Accepted on October 16, 1984)

無麻酔無拘束の正常なイヌにおける胃収縮の日内リズムは、1日1回の食餌で餌づけされていると、15~17時間経過する食後期と、その後続く空腹期とから構成されていることが知られている。更に後者の空腹期においては、強収縮相と無収縮相が交互に出現することが特徴とされる (Itoh ら, 1977, 1978b)。これらことは、胃の自発性電気活動 (basic electric rhythm, BER-Bass ら, 1961) についても同様にみられる。空腹期においては強収縮相に対応して BER 間隔の不規則な延長と他方の無収縮相に対応しては BER 間隔の安定した経過が観察されている。(Kamihogi,

1977; 斧山, 1981)。

ネコにおける著者らの観察 (Fujitani and Hosogai, 1983) においても、イヌにおけると同様、1日1回の食餌に慣らすと、胃収縮および BER の日内リズムは食後期と空腹期から成っているが、空腹期における強収縮相と無収縮相の交代あるいは BER 間隔延長の周期的発現による振動現象は明瞭にはおきないことが見出された。引き続き更に、イヌとネコにおける比較に特に注目して同様の特徴を明らかにした (藤谷ら, 1983)。そこでこのネコの空腹期における胃 BER 間隔の特徴を確認するため、また潜在的なものならば

それを明らかにするため、まずイヌの BER 間隔につき、ついでネコの BER 間隔について、自己相関図法とパワー・スペクトル法による周期分析を試みた。

実験方法

イヌにおいては16時から30分間 20 g/kg の固形飼料(日本ペット・フード株式会社, CD-1)を与え、時間が来たら残りの餌をとりあげる摂食スケジュールに1週間以上慣らした。ネコにおいては、17時から1時間ケージより出し自由に行動させこの間に 60 g/kg の煮魚を与え、1時間後の18時には残りをとりあげた。飲水の補給は自由にし、飼育されているケージそのまま後にのべる胃 BER 記録のシールド・ケージの役目を果たした。

手術の方法は前著 (Fujitani and Hosogai, 1983) におけるとほぼ同様であった。すなわち、24時間以上絶食したイヌまたはネコに対し pentobarbital sodium 30mg/kg 筋肉内注射による麻酔下で無菌的開腹手術を行った。胃幽門前庭部漿膜面にステンレス・スチール製外径250 μ m, エナメル被覆で先端のみ露出された双極電極を 2 cm 間隔で2コ埋めこんだ。この双極電極は McCoy ら (1963) の方法にならったもので、X線フィルムでつくった 5 \times 7 mm の基盤から 2 mm 突出させ接着したものである。ステンレス線が垂直に胃壁漿膜側から胃壁筋層につき刺った状態にしておき、あらかじめ基盤にあけた孔をとおして絹糸により胃壁に基盤と共に縫着固定した。この2コの筋電図電極のうち幽門側に近い電極の近傍に防水型ストレーン・ゲージ (新興通信工業, B-FAE-2S-12) をうめこんだ。これは伊藤 (1981) の方法によりベリリウム銅板にアロン・アルファで接着、シリコンで防水したものをを用いた。使用前にはあらかじめ分銅により校正した。

術後1週間以上を経て、筋電図電極からプレ・アンプ (日本光電工業, RD-5) を経てポリグラフ (日本光電工業, RM-85) に導き BER を記録した。フォース・トランスジューサーからホイート・ストーン橋 (日本光電工業, SR-JA) を介し歪直増幅器 (日本光電

工業, RFP-5) を経てポリグラフにより直流増幅の上、胃収縮曲線を描記した。

分析し得るデータを得たイヌは2匹、ネコは3匹であった。記録から胃 BER 間隔を測定し、これらの毎分平均値および標準偏差 (S.D.) を計算し、またポリグラフから食後期と空腹期を分け、それぞれの時期における BER 間隔の周期性を明らかにするため、自己相関関数およびパワー・スペクトル密度をマイクロ・コンピュータ (TEAC-80) により計算し、X-Yプロッタ (渡辺測器, WX-4671型) により図示した。パワー・スペクトル密度の計算式は Koga (1981) の脳波 δ 波分析に用いたものと同じものである。また、佐々木 (1979) が指摘するように、自己相関関数の計算には全標本平均値をそれぞれの標本値から差引いたもの時系列を計算対象とした。

結 果

1. イヌにおける胃 BER 間隔の日内リズムと周期分析

図1にイヌの胃 BER 間隔毎分平均値の時間経過図を示す。横軸は食餌を与えた16時から30分へた16時30分の後、翌日の16時までの時間経過を示す。縦軸は胃 BER 間隔の毎分平均値である。食後すぐに胃 BER 間隔は一過性に動揺を示しているが、その後平均間隔値十数秒の安定な経過を示す。途中で2回の一過性の延長がみられる。明方の5時半頃までが食後期と判定される。この後に引続き BER 間隔の不規則な延長が数十分から一時間以上にも及ぶ間隔で発現していることが明らかに認められる。すなわち、空腹期の典型的パターンであり、既に当教室の Kamihogi (1977)、斧山 (1981) の観察していることと同様である。

他のイヌにおける1例の同様な胃 BER 毎分平均間隔の時間経過図を図2Aに示す。図1の例に比べると、食後期の途中23時20分頃から平均 BER 間隔がやや短縮した水準へ下がっているが、同様な傾向が図1においても23時40分頃からみられる。この例における食後期と空腹期の交代は、この胃 BER 間隔の時間経過図からみる限り明方の5時頃と思われる。空腹期にお

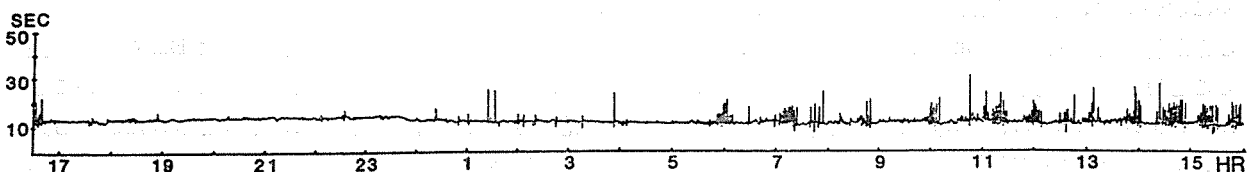


図1. イヌの胃 BER 間隔毎分平均値の時間経過図の一例

横軸：食後16時30分から翌日16時の給餌時間までの時間、縦軸：胃 BER 間隔の毎分平均値。

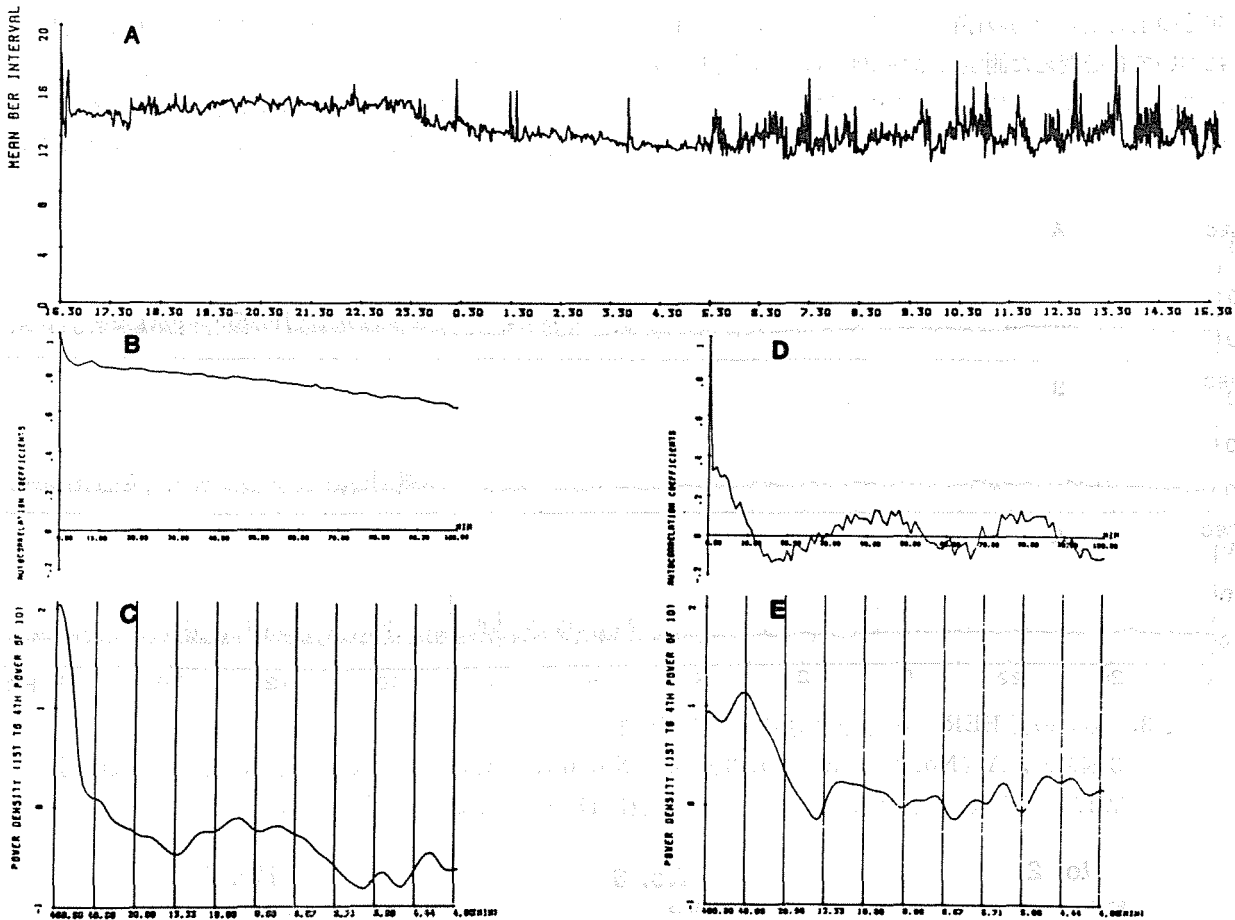


図 2. イヌ (図 1 におけるとは別のイヌ) の胃 BER 間隔毎分平均値の時間経過図と食後期、空腹期それぞれにおける周期分析

A: 時間経過図, 横軸および縦軸は図 1 におけると同様. B: 食後期における胃 BER 間隔毎分平均値の自己相関図. 横軸は遅延時間で 0 から 100 分まで. 縦軸は自己相関関数で -1 から $+1$. C: パワー・スペクトル密度曲線. 横軸は周期で 400 分から 4 分まで. 縦軸はパワー・スペクトル密度の対数值. D: 空腹期における胃 BER 間隔毎分平均値の自己相関図. E: 空腹期におけるパワー・スペクトル密度曲線.

B, C, D, E それぞれの図は X-Y プロッターによって画かれたそのものである.

ける BER 間隔の群発延長は図 1 の例に比しそれ程明らかでないように見える.

しかしながら, 自己相関関数およびパワー・スペクトル密度から空腹期における胃 BER 間隔の群発延長が明らかな周期性をもっていることが分った. まず, 明方 5 時までの食後期における毎分 BER 間隔の時系列につき, 得られた自己相関図は図 1 B である. 標本採取時間は 1 分, 遅延時間は 100 分であった. すなわち, 図 2 B, 図 2 D における自己相関図の横軸は 0 から 100 分までである. 図 2 B の自己相関図は, 食後期における胃 BER 間隔時系列に何ら周期性がないことを示す.

また, このことは図 2 C におけるパワー・スペクトル密度曲線において, 何ら突出した峯がみられないことから分る. 図 2 C および図 2 E のパワー・スペクトル密度曲線における横軸には, 周波数でなく周期を分のオーダーで示し, 400 分から右端の 4 分にわたっている.

更に 5 時以後の空腹期における毎分平均 BER 間隔時系列についての分析結果を図 2 D, 図 2 E に示す. 図 2 D の自己相関図において, 第 1 の峯が約 40 分のところであり, 80 分近くにも第 2 の峯が生じ, 40 分の周期の強い周期性が存在することが明らかである. また 図 2 E に示すパワー・スペクトル密度曲線においても

40分の主周期の振動の存在は明らかである。このイヌにおいて日を変えた測定では約100分、他の図1のデータの得られたイヌにおける主周期は約100分であった。

2. ネコにおける胃 BER 間隔の日内リズムと周期分析

3匹のネコにおける胃 BER 間隔毎分平均値の時間経過を図3に示す。食後期と空腹期の日内リズムをも

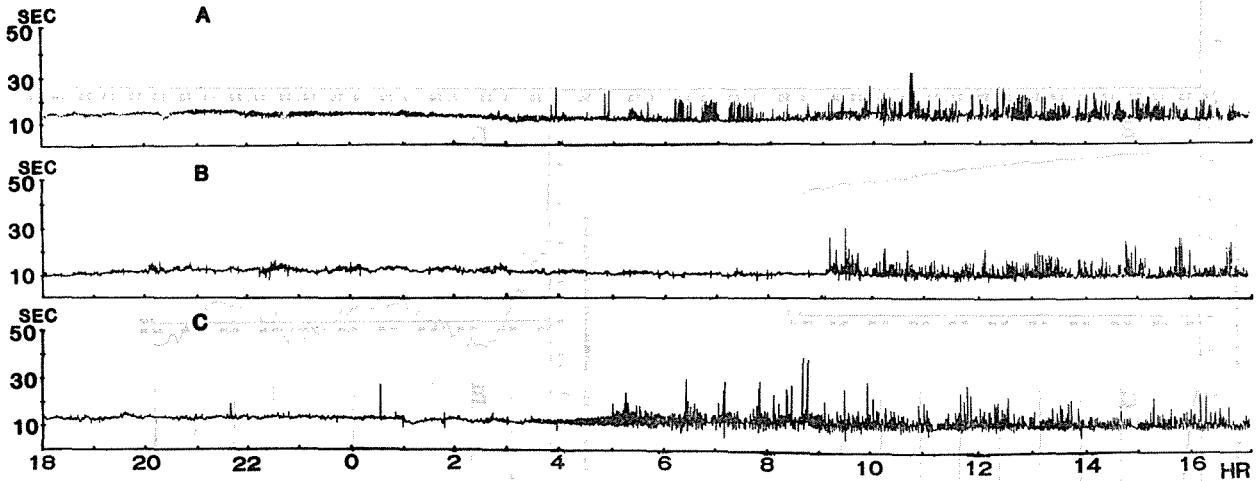


図3. ネコの胃 BER 間隔毎分平均値の時間経過図

3匹の例. A (No. 2), B (No. 3), C (No. 6). 横軸, 縦軸共図1と同様, 但し, 食餌時間は17時から18時までで, 記録は18時から翌日17時までの23時間行われた。

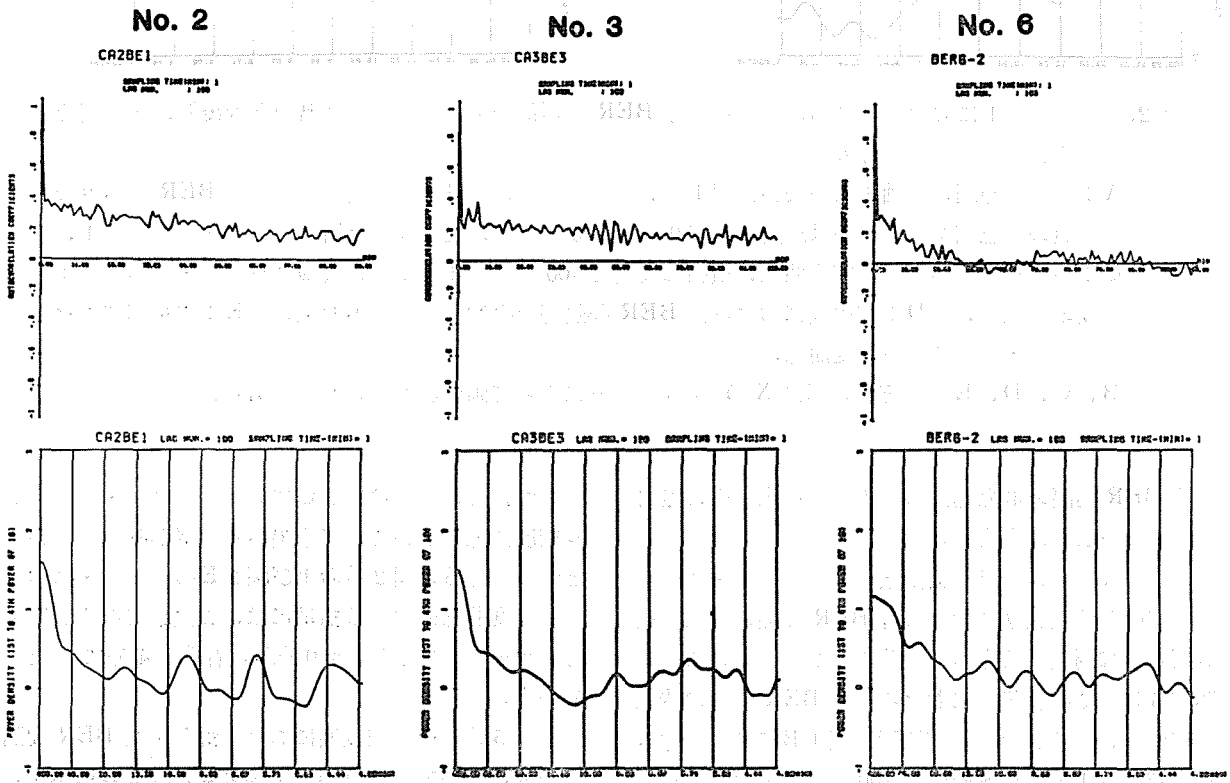


図4. ネコ3匹における空腹期についての胃 BER 間隔毎分平均値の自己相関図およびパワー・スペクトル密度図

上は3匹における自己相関図, 下はそれぞれのパワー・スペクトル密度図. 横軸, 縦軸共に図2に示すのと同様。

つことは, Fujitani and Hosogai (1983) が既に示したことと同様である. 食後, 胃 BER 間隔がゆるやかな延長を数時間にわたって示すが, その十数秒のレベルを安定に維持し, イヌにおける夜半の BER 間隔の短縮傾向は図 3 A (ネコ No. 2) の例において明方の 3 時頃から, 図 3 B (ネコ No. 3) においては 4 時頃から, 図 3 C (ネコ No. 6) においては 1 時頃から認められる. 食後期から空腹期への交代時間は, ネコによってまちまちであり, これら 3 匹の例では, 4 時 (No. 2-A), 9 時 10 分 (No. 3-B), 5 時 (No. 6-C) であった. 空腹期において, イヌと同様な BER 間隔の不規則延長の群発は周期的に認めがたい. わずかに No. 2 (A) において明方 6 時頃から 8 時頃まで 3 つの群発, No. 3 (B) においては 15 時以降 1 時間より大きい周期での 3 群が認められるのみであった. これら空腹期における胃 BER 間隔時系列に不規則延長の周期性がかくされているか否か, イヌの場合と同様な自己相関図法とパワー・スペクトル密度法によ

る周期分析を行った. 図 4 にネコ 3 匹のそれぞれの空腹期全経過における胃 BER 間隔毎分平均値の自己相関図およびパワー・スペクトル密度図を示す. 自己相関図については, 図 2 におけると同様に標本採取時間は 1 分, 遅延時間は 100 分であった. 自己相関図 3 つの何れにおいても周期性を示す所見はみられない. パワー・スペクトル密度曲線において No. 2 の例にいくつかの峯 (15.4 分, 8.7 分, 5.9 分, 4.4 分) がみられるが, 主周期の歴然としたものがない. No. 6 の自己相関図には, 60~70 分の周期性があるようにみえるが, 下図のパワー・スペクトル密度にその時間の周期の峯がみられない. 図示しないが, また空腹期の経過最後の 3 時間につき, 別に同様の周期分析を行ったが, 周期性のある結果は得られなかった. また確認のため, 図 4 に用いたデータにおいて, 胃 BER 間隔の毎分平均値を計算したときの S.D. をそれぞれの平均で割った変異係数について, 図 4 にお

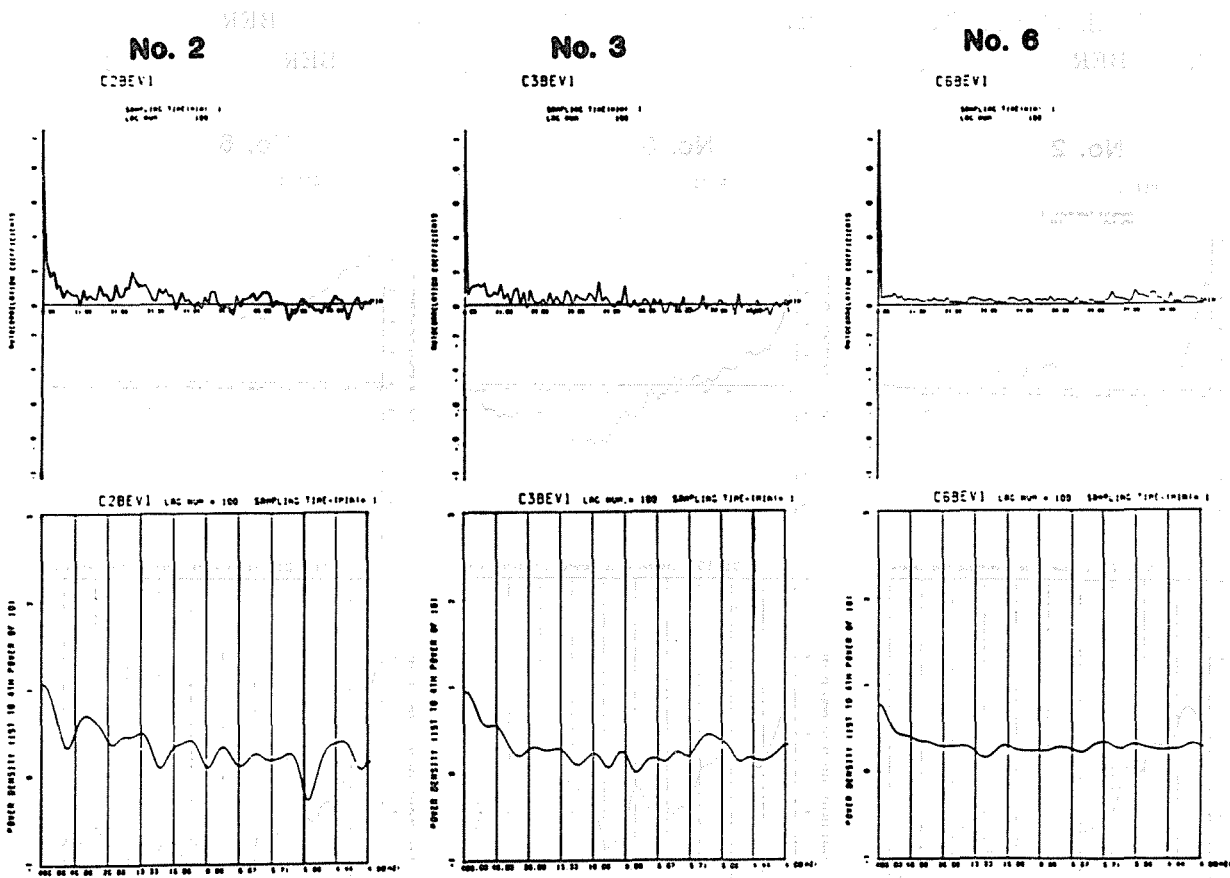


図 5. ネコ 3 匹における空腹期について胃 BER 間隔の毎分変異係数の自己相関図およびパワー・スペクトル密度図
横軸, 縦軸共に図 4 におけると同様. 図 4 におけるデータについての分析結果.

と同様な自己相関図とパワー・スペクトル密度曲線をつくった。結果は図にみられるとおり、3匹の結果すべてにおいて何ら周期性を示す峯あるいは周期帯は見出されなかった。

以上の結果から、ネコの胃 BER 間隔の日内リズムにおける空腹期に関して、イヌにおけると同様な胃 BER 間隔の周期的群発延長はないものと結論される。

この他、イヌの場合と同様に食後期についても、胃 BER 間隔毎分平均値時系列に関する周期分析を行った。

図6に図3に示した3匹の例における結果のうち、食後期のはじめの3時間についての周期分析の結果を示す。図に明らかなようにNo. 2において57分、No. 3において133分の主周期がみられ、毎分平均値に伴なうS.D.についての周期分析でも、80分(No. 2)、67分(No. 3)、60分(No. 6)の峯がみられたが、何れも歴然としたピークではなく、分析標本を食後期全体へ拡張すると、毎分平均値およびそれらの変異係数について周期性は全く検出されなかった。

3. 胃 BER の発現と胃収縮との干渉

前述の如く、空腹期において強収縮相と無収縮相との交代がイヌにおいては明瞭であるのに、ネコではこの交代がはっきりしないことは、既に Fujitani and Hosogai (1983) が観察記載したことである。また、収縮におけるこれらの交代と一致して胃 BER 間隔の群発延長と安定相との交代があることも既に記載された (Kamihogi, 1977; 斧山, 1981, Fujitani & Hosogai, 1983)。しかし、空腹期の収縮相があらわれるとき胃 BER 間隔の群発延長のおこる理由の解明は未だ行われていない。

図7にネコにおける実際の記録の1例を示す。上から胃 BER、十二指腸 BER および胃収縮曲線である。胃 BER は10秒近くの時間間隔で規則正しく発生し、図における二番目の BER には第二電位(活動電位)を伴ない、これが胃収縮の発現と同期している。

Kelly ら(1969)、McCoy ら(1963)のいうごとく、第二電位が収縮と成因的に対応しているという点から言えば、図7においては胃収縮の方が第二電位に先行しているようにみえるが、これは胃収縮を拾うためのストレイン・ゲージが胃 BER の発生源である胃体上部1/3の点および胃 BER の伝播の方向において、

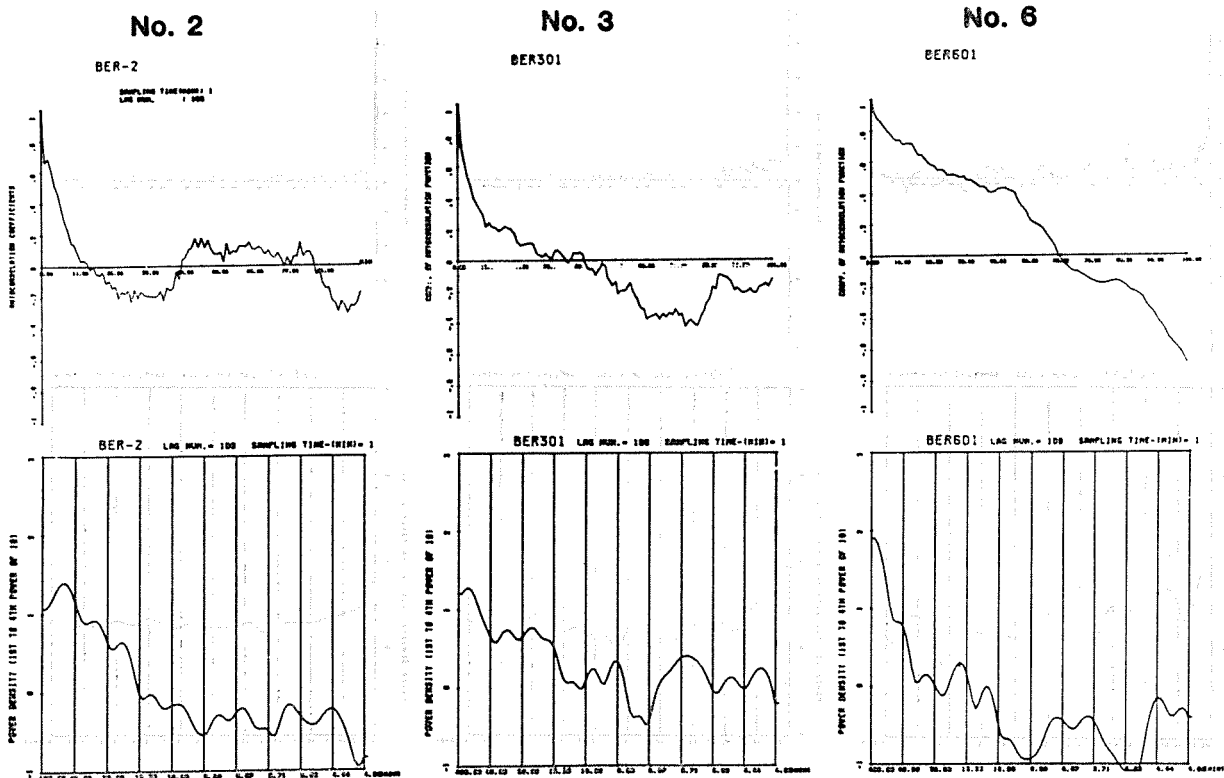


図6. ネコ3匹における食後期(はじめの3時間)についての胃 BER 間隔毎分平均値の自己相関図およびパワー・スペクトル密度図

図3における食後期のはじめの3時間についての分析結果。横軸、縦軸共に図4、5と同様。

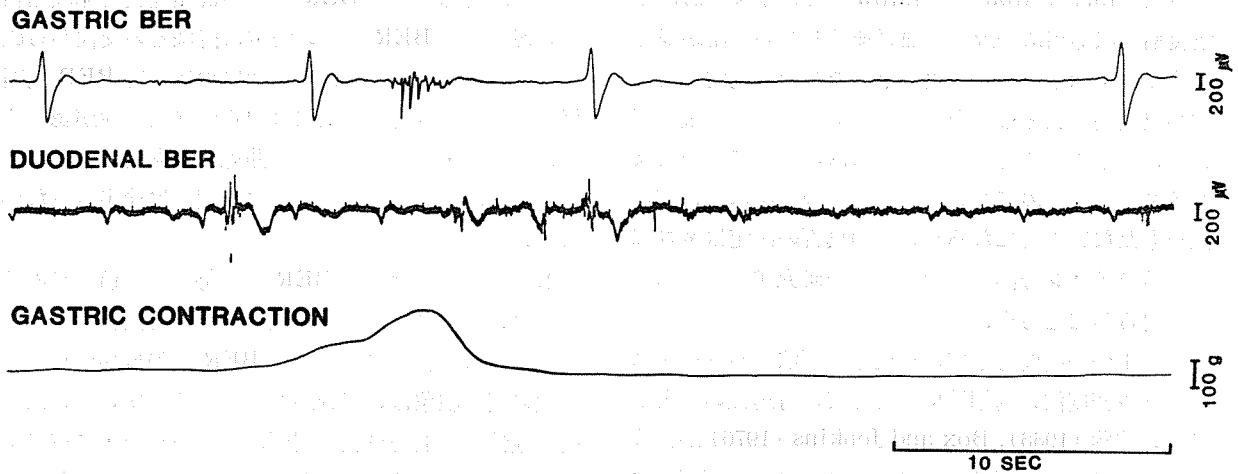


図 7. ネコにおける胃 BER, 十二指腸 BER および胃収縮の同時記録の一例

上から胃 BER, 十二指腸 BER および胃収縮曲線. 胃 BER の 2 つ目には第二電位 (活動電位) が伴われ, この第二電位が胃収縮を伴っている.

筋電図電極より噴門側に位置的に寄っているためと思われる. ここで注目すべきは, 胃収縮がおこったことによって胃 BER 間隔が延長していることである. この図はネコの例であるが, イヌにおいても同様なことが認められる. すなわち, 空腹期における胃の強収縮が胃 BER の発現あるいは伝播を抑制し, 胃 BER 間隔の延長をおこし, これが胃 BER 間隔の群発 (イヌにおける) または不規則な (ネコにおける) 延長の原因となっていると考えられる.

考 察

著者らは既に1983年, ネコの胃活動の日内リズムは, イヌと同様に食後期と空腹期に分けられるが, イヌとは違って, 空腹期における収縮相と無収縮相の交代が明らかでないことを指摘した. イヌの空腹期における収縮相と無収縮相の交代は, Reinke ら (1967), Itoh ら (1977, 1978b) によって記載された. これらの収縮の記録は, 無麻酔のイヌにおいて管外トランスジューサー法によってなされ, 日内リズムとしての発表は Itoh らがはじめてである.

無麻酔イヌの胃電気活動の日内リズムとしては, 教室の Kamihogi (1977) の発表がはじめてである. 収縮と電気活動の対応から, 空腹期における収縮相のとき胃 BER 間隔が不規則に延長し, 無収縮相のときは胃 BER 間隔が安定して連続することを明らかにした. しかし, イヌとの比較において, 著者らは (藤谷ら, 1983年), 3匹のネコの胃収縮曲線や胃 BER 間隔経過図のいずれにおいても空腹期における収縮相お

よび BER 間隔の群発延長と無収縮相および BER 間隔の安定な連続との交代は明らかでないことを更に示した. すなわち, 収縮としては不規則な強収縮や弱収縮が連続し, BER としてはそれらの間隔が不規則に延長し, そこに周期性の存在が不明瞭であった. また, 4匹のイヌのうち2匹においてネコと同様, 空腹期における無収縮相がはっきりしていないことも観察した.

このようなイヌのある例においてもみられる, またネコにおける空腹期の特徴が, 単に経過図における外見上のものか, あるいは潜在的にも周期性をもっていないものなのかの検定のため, この研究においては自己相関関数およびパワー・スペクトル密度による分析を行った. すなわち, 空腹期における胃 BER 間隔の毎分平均値時系列を対象とし, イヌにおいては明らかな周期性が認められ, これと同程度またはそれに近い周期性はネコの結果には全く認められなかった. また胃 BER 間隔の平均値計算と共に算出した S.D. あるいは変異係数についても同様な分析を行ったが, 結果は同様であった.

すなわち, この研究においてネコの空腹期の胃 BER 時系列にはイヌにおけると同様な収縮相—無収縮相の交代の周期性は証明されなかったと言い得る.

ここで, このようなネコとイヌにおける空腹期の特徴の違いはどのような生理的意味をもつかが1つの問題であり, 他の1つは自己相関関数およびパワー・スペクトル密度による周期性検出の方法としての意義は何であるかという問題が生ずる.

伊藤 (1977), Itoh ら (1978a) は, イヌにおける空腹期の収縮相に一致して血漿モチリンの分泌が多くなることを示し, この消化管ホルモンの周期的分泌増加が空腹期胃収縮相の発生原因であることを主張している. 若しこのことが正しいならば, ネコにおいてまたイヌのあるものについてモチリンの分泌は周期的増減をもたないことになる. この真否の決定はネコにおけるモチリン分泌の日内リズムを研究することによって明らかになる.

他の1つの問題としての自己相関図法とパワー・スペクトル密度法の周期性検出としての有用性のことがある. 佐藤 (1966), Box and Jenkins (1976) が言うように, 自己相関函数とパワー・スペクトル密度とはそれぞれが互いに他へ数学的に変換し得るものであるが, 自己相関図では対象の時系列に周期性があるか否かの判定に適し, そのくりかえしの周期の量的表現としてはパワー・スペクトル密度図が適している. イヌおよびネコにおける胃 BER 間隔毎分平均値における周期的増減の有無は, 図2, 図4, 図5, 図6における自己相関図によって明らかにされた. また周期性があるとして, またそれらの振動現象, 増減現象の周期そのものの値はパワー・スペクトル密度として明らかにされた. この研究の目的に合致した有用性を示したものといい得よう.

なお周期性の有無にかかわらず, 胃 BER の日内リズムとして, 空腹期にはその間隔が不規則に延長することが, イヌ, ネコ共にみられる. この原因として胃収縮の発生が BER 間隔の遅延をおこすことがこの研究においてはじめて指摘された. ペース・メーカーである胃体上部1/3の部および BER の伝播にそって多くの電極をおき, 収縮の BER の発生および伝播に及ぼす影響についての検索が将来の課題である. しかし教室の山岡 (1983) が急性実験であるが, イヌの胃を拡張させると胃 BER 発生間隔および伝播速度が遅延することを示しており, 恐らく胃収縮も機械的的刺激として同様に働くものと推察される.

総 括

無麻酔・無拘束下のイヌ2匹, ネコ3匹の胃における慢性電極によって記録された basic electric rhythm (BER) の日内リズムにつき, 自己相関函数とパワー・スペクトル密度による周期分析を行った. これらの動物は1日1回の餌づけをしたものである.

1. イヌにおける胃 BER 間隔毎分平均値の日内リズムは, 食後期と空腹期に分けられる. 更に空腹期は

収縮相に対応する胃 BER 間隔の群発延長と無収縮相に対応する胃 BER 間隔の安定な持続との交代から成る. これらと一致して, 空腹期における胃 BER 間隔毎分平均値の自己相関図には明らかな周期性が認められ, パワー・スペクトル密度曲線からも同じ結論に達した. なお, 食後期については周期性は検出されなかった.

2. ネコにおける胃 BER 間隔毎分平均値の日内リズムは, イヌにおけると同様に食後期と空腹期に分れる. しかし, 空腹期における胃 BER 間隔群発延長と安定化の交代現象は, 経過図からもみられず, また潜在的周期性の有無を自己相関図およびパワー・スペクトル密度曲線から検証したが, 周期性のある一定した所見は得られなかった. また, 標準偏差値または変異係数の時系列についても同様の分析を行ったが, いくつかの峯がみられたものの明瞭なものではなかった. なお, 食後期については周期性は検出されなかった.

3. イヌおよびネコの両者において胃収縮の発生が胃 BER 間隔の延長をおこすことが示され, これが空腹期における胃 BER 間隔の群発延長の原因であると考えられた.

自己相関函数およびパワー・スペクトル密度計算のためのコンピュータ・プログラム作成については, 鳥取大学工学部松原雄平氏の御教示を頂いた. ここに感謝の意を表します.

文 献

- 1) Bass, P., Code, C. F. and Lambert, E. H. (1961). Motor and electric activity of the duodenum. *Am J Physiol* **201**, 287-291.
- 2) Box, G. E. P. and Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis. Forecasting and Control*, p. 44, Holden-Day, Oakland.
- 3) Fujitani, Y. and Hosogai, M. (1983). Circadian rhythm of electrical activity and motility of the stomach in cats and their relation to sleep-wakefulness stages. *Tohoku J exp Med* **141**, 275-286.
- 4) 藤谷嘉子, 細貝正江, 及川俊彦, 斧山英二 (1983). ネコとイヌにおける胃 BER 間隔の日内変動—特に食後期と空腹期における比較について—. *日本平滑筋学会雑誌* **19**, 230-232.
- 5) 伊藤 漸 (1981). Extraluminal strain gage transducer の作製と慢性埋込. *日本平滑筋学会*

- 雑誌 **13**, 33-43.
- 6) 伊藤 漸 (1977). Motilin—消化管運動調節ホルモン. 生化学 **49**, 197-212.
 - 7) Itoh, Z., Aizawa, I., Takeuchi, S. and Takayanagi, R. (1977). Diurnal changes in gastric motor activity in conscious dogs. *Am J Dig Dis* **22**, 117-124.
 - 8) Itoh, Z., Takeuchi, S., Aizawa, L., Mori, K., Taminato, T., Seino, Y., Imura, H. and Yanaiharu, N. (1978a). Changes in plasma motilin concentration and gastrointestinal contractile activity in conscious dogs. *Am J Dig Dis* **23**, 929-935.
 - 9) Itoh, Z., Takeuchi, S., Aizawa, I. and Takayanagi, R. (1978b). Characteristic motor activity of the gastrointestinal tract in fasted conscious dogs measured by implanted force transducers. *Am J Dig Dis* **23**, 229-238.
 - 10) Kamihogi, Y. (1977). Circadian rhythm in electrical activity and motility of the stomach and its relation to awake-sleep cycle in dogs. *Yonago Acta med.* **21**, 57-75.
 - 11) Kelly, K.A., Code, C.F. and Elveback, L. R. (1969). Patterns of canine gastric electrical activity. *Am J Physiol* **217**, 461-470.
 - 12) Koga, E. (1981). Long span variations in the delta component of human sleep electroencephalogram. Yamaguchi N. and Fujisawa, K. (ed.), *Recent Advances in EEG and EMG Data Processing*, pp. 195-207, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, New York.
 - 13) McCoy, E. J. and Bass, P. (1963). Chronic electrical activity of gastroduodenal area: effects of food and certain catecholamines. *Am J Physiol* **205**, 439-445.
 - 14) 斧山英二 (1981). イヌの実験的胃潰瘍における胃活動. 日本消化器病学会雑誌 **78**, 9-19.
 - 15) Reinke, D. A., Rosenbaum, A. H. and Bennett, D. R. (1967). Patterns of dog gastrointestinal contractile activity monitored in vivo with extraluminal force transducers. *Am J Dig Dis* **12**, 113-141.
 - 16) 佐々木隆 (1979). 周期成分の検索. 佐々木隆, 千葉喜彦編, 時間生物学, pp. 312-332, 朝倉書店, 東京.
 - 17) 佐藤謙助 (1966). 脳波分析の実際的方法, 藤森聞一編, 脳の電気現象の分析法とその応用, pp. 49-87, 医学書院, 東京.
 - 18) 山岡忠栄 (1983). イヌの胃における実験的拡張の電気的活動に及ぼす影響. 米子医学雑誌 **34**, 199-216.