

生体情報を用いた満腹時点検出手法の提案

島 雅和 (15813069)

ロペズ研究室

1. はじめに

私たちの体は、飲んだり食べたりする一方、エネルギーを消費・放出したり排泄したりと、物体を絶えず体に入出力させながら、ほぼ一定の状態を維持している。これが一般的に健康な状態と言われている。しかし過食した場合、このバランスが崩れ、食後にリラックスができない状態が続く。その結果、病気や疾患になる確率が高まり、体に害をもたらす。食の未来研究所の「大人の食習慣」に関するアンケートによると、20代の約4割の人が悪い習慣として「過食」の習慣をもっていると報告している。すなわち、多くの人が食事中に満腹だと感じず、無意識のうちに過食してしまっていることになる。一方、自律神経系の活動は食事前と食事後で交感神経系と副交感神経系が変化するとされている[1]。そこで本研究では、適切だと思える量を食べた場合と、過食した場合の2通りで、食事前・食事中・食後の心電図を計測、解析し、適切な量の食事をした時点(満腹時点)を自律神経系活動の変化によって見つける手法を結果と共に報告する。

2. 実験

被験者として健康な成人男性7名(22歳)を対象にし、被験者には、朝食から約5時間何も食べない空腹の状態にしてもらい、昼食のタイミングで実験を行った。部屋は気温を約23℃にした環境下において実験を行い、先行研究を元に食事内容は適切だと思える量を食べる場合は、主食、副菜、主菜を一つずつ用い[2]、過食となる量を食べる場合は、適切だと思える食事量に追加して、事前アンケートから1つを限界まで食べる。ただし、適切な食事量を全部食べ切れなかった場合、過食となる量の実験は行わない。

計測機器は無線式心電計(多チャンネルテレメータシステムWEB-7000, 日本光電工業株式会社製)を用い、被験者に電極を3点誘導法を用いて装着し、サンプリングレート1000 Hzで心電位を計測する。食事を行う前に10分間安静にし、その後食事を行い、被験者は1口食べるごとに咀嚼を約30回してから飲み込む。食事開始から計測が終わる

までの間は、VASを用いた図1の満腹指標に自分の状態を3分ごとに縦線を引いて、食事終了後は、再度10~15分間安静にする。食事前・食事中・食後の心電を計測する。

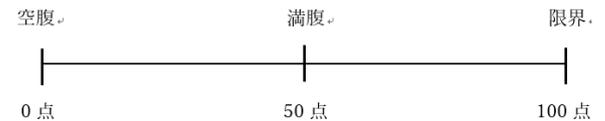


図1. 満腹指標

3. 実験結果と分析手法

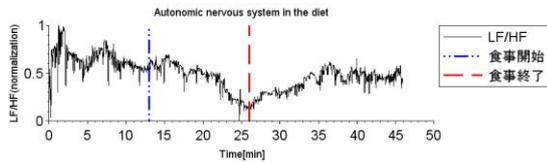
実験より得られた心電図データから心拍間隔(RRI)抽出し周波数解析をした結果、交感神経系活動の指標であるLF/HFを算出する。結果として、時間経過において、図1の満腹指標で満腹が記されたときに特徴的な変化が見られ、満腹時点の推測ができた。また適切だと思える量を食べた場合、過食した場合のLF/HFの時間経過では大きく違いがみられた。

実験より得られた心電図データから満腹時点を見つけ出すために以下のような分析方法を示す。

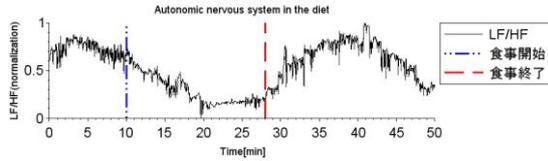
周波数解析手法は取得した心電図データから抽出できるR-R間隔を線形補間した後、0.5秒間隔でフーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)して得られたパワースペクトルから低周波成分(LF: Low Frequency)と高周波成分(HF: High Frequency)の変動を算出する。LF, HFは交感神経系、副交感神経系と関係があり、LF/HFの比が高いと交感神経系が優位で、低いと副交感神経系が優位とされている。本研究は、パワースペクトルのLF成分の領域を0.05-0.15 Hz、及びHF成分の領域を0.15-0.35 Hzとする。実験より得られた適切だと思える量を食べた場合と、過食した場合の心電図データから、LF/HFを算出し、個人差を少なくするためLF/HFを、最高点を1、最小点を0として正規化したものを図2に示す。今回は被験者の内の1人のデータを例として図2に表示する。図中の青線は食事開始、赤線は食事を終了した時間である。また、食事開始から食事終了までの時間を食事中とする。食事開始から後に注目すると必ず1度LF/HFは下降し、ある時間を超えると上昇し

2016 (平成 28) 年度卒業論文要旨

ていく傾向にあることが分かる。過食した場合だと食事終了後も LF/HF の値が上昇し、ある時間を超えると下降していく傾向にあることがわかる。



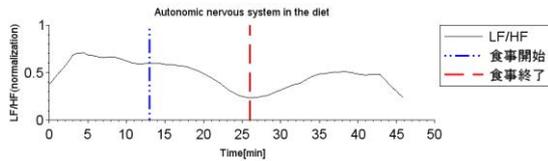
(a) 適切だと思える量を食べた場合



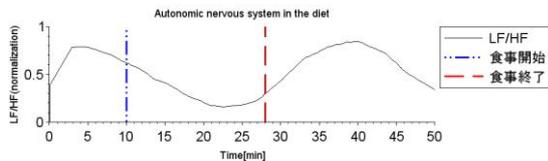
(b) 過食した場合

図 2. 食事中および、前後の LF/HF

満腹時点を推定するために相互相関関数を用いる。相互相関関数を用いて図 1 の満腹指標で満腹に縦線が引かれた時点の前後 3 分間の LF/HF の時間経過を相関関数とし、適切だと思える量を食べた場合と、過食した場合 (図 2 (a) (b)) の両方のグラフに相互相関関数を適応し、比較したグラフを図 3 に示す。



(a) 適切だと思える量を食べた場合



(b) 過食した場合

図 3. 食事中および、前後の相互相関関数

4. 考察

食事開始から後に注目すると必ず極小点が観測される。極小点と図 1 の満腹指標で満腹に縦線が引かれた時点がおおよそ一致することから、この点が満腹時点と推測される。過食した場合のグラフにおいて食事終了後、交感神経系が賦活すると特徴的な山が観測された。図 1 の満腹指標で最高点に記されていたことから、この点が限界時点であると考えられる。そこで被験者

の満腹時点と限界時点が観測される時間評価を表 1 に示す。

表 1. 被験者の満腹時点, 限界時点の時間評価

	被験者の平均	本手法の平均	差の平均	分散
満腹時点	14.2 分	13.5 分	2.2 分	2.5
限界時点	27.5 分	30.0 分	2.8 分	4.1

満腹時点の評価は、被験者 7 名 12 データ、限界時点評価は満腹指標で 75 点以上が記された被験者 6 名 6 データで評価し、本手法の平均は食事開始からグラフの極小点と極大点の観測時間の平均、差の平均は被験者と本手法で求めた時点差の平均である。分散は差の平均の分散が記されている。満腹指標は 3 分ごとに書いているため、3 分以内ならば正しく満腹時点と限界時点が推定できていると考えられる。これより本手法では、満腹時点と限界時点の推定ができた。

5. おわりに

食事を開始した時、交感神経系の活動が下がり、その後満腹時点を超えると交感神経系が賦活していく。適度な量の食事をした場合と過食した場合の違いは、過食において、食事開始後の交感神経系の抑制後に食事中に交感神経系が賦活し続けることである。交感神経系が賦活するタイミングを推定するために、相互相関関数を用いれば、概ね推定することができた。また、過食を防止するため満腹時点が観測されたときに何らかの刺激を与え自律神経系をコントロールし、交感神経系の賦活を早め限界時点を早期に迎えられることができれば過食を防止できると考えられる。

今後はリアルタイムで満腹時点を検出し、アロマの香りで交感神経系を賦活させるなどのシステム構築を考えてく。

参考文献

[1] 本窪田直子ら, “夜型指向性が若年女性の自律神経活動, 胃運動および食欲感覚の日中の変動に及ぼす影響”, 日本栄養・食糧学会誌 (Vol. 69, No. 2), pp. 65-74, 2016.

[2] 小林茂雄, “鮮やかな光色で照明された食品に対する食欲” 日本建築学会環境系論文集 (Vol. 74, No. 637), pp. 271-276, 2009.