

(28) 多チャンネルセンシングによる生体機能モニタに関する研究

研究代表者 工学部 古賀和利

研究目的

高齢化社会の到来とともに、人々の健康に対する関心は経済的な安定にも増して高まりつつある。ここでは、「いかに健康に毎日を過ごし、質の高い人生を送るか」が重要になってきている。こうした要求に対して、個人の脳波や心電図等の生理諸量を利用し日常的な健康状態や定期的な身体トレーニングの効果を継続的に計測モニタすることは必要かつ不可欠なものとなっている。

しかしながら、こうした目的のために本研究で利用する脳波は、本質的に非線型性を有するためにその発現メカニズムのみならず、基礎的なダイナミクスも未だに解明されていない。また、トレーニング効果と生理量の関連についても報告例は少ないのが現状である。

本研究では、従来の脳波研究において殆ど解析されていなかった脳波リズムの位相情報に注目して、覚醒時のアルファ波や睡眠時に見られるシータ波、デルタ波および紡錘波の基礎的な動特性を明らかにする。トレーニング効果の計測では心電図と呼吸数に着目し定量化を試みる。

研究成果

1. 位相情報に着目した脳波解析

健常者（年齢21～26歳、30名）を対象として覚醒閉眼時の脳波（アルファ波）、睡眠時脳波（シータ波、デルタ波、紡錘波）を採取し、複素複調法によりアルファ波の瞬時位相と振幅（エンベロープ）を推定してそれらの空間動態を分析した。

- 1) 覚醒閉眼時のアルファ波の振幅は waxing and waning と呼ばれる増減を繰り返し、振幅が極小値を取るときに位相がジャンプするなど、不安定にゆらぐ
- 2) アルファ波の振幅は一般に前頭部と後頭部で大

きく、位相差は前頭部と後頭部で位相が反転する逆相分布を示した。これらの空間分布は、わずか数百 ms の間に前頭部の振幅が増減すると共に逆相領域が生成—拡大—消滅を繰り返してゆらぐ。

- 3) 睡眠時脳波（シータ波、デルタ波、紡錘波）はいずれもアルファ波に比べて位相変動が緩やかであり、アルファ波のような頻繁な位相ジャンプを示さなかった。また睡眠時脳波はアルファ波に比べて間欠的に出現し、その持続時間は1 s～10s であった。
- 4) 睡眠時脳波の振幅マップは優勢部位が局在化した局所的分布を示した。一方、位相差マップは等位相差線が疎である同相分布となり、アルファ波のような明瞭な逆相領域を示さなかった。このような空間分布の時間的な変動は小さく、時空ゆらぎはほとんどみられなかった。
- 5) アルファ波の場合、位相ジャンプの頻度や振幅・位相差の空間分布のゆらぎの大きさにかなり個人差がみられたが、睡眠時脳波においてはいずれも個人差は小さく、被験者に共通した時間的・空間的な性質を示した。

以上のように、睡眠時の脳波リズムの基礎特性は共通してアルファ波と対照的であるといえ、その複雑さにはかなりの相違がみられた。一般に睡眠時の脳波記録には、本研究で取り上げた各種脳波リズムの他にも低振幅の徐波、体動などによるアーティファクトが混入して賑やかな様相を呈し、一見覚醒時よりも複雑な印象を与える。ところが基礎的な脳波リズムに限っていえば、個々のリズムの分析結果は散発的に出現する単純な振動現象である可能性を示唆した。このように覚醒—睡眠によって生じる意識レベルの低下が脳波リズム意味という点からも興味深い。

2. トレーニング効果と心拍数・呼吸数

トレーニングによる運動能力の向上効果と心拍数-呼吸数の関係を調べるため、2名の被験者に月曜日から木曜日まで自転車エルゴメータによるトレーニングを9週間与え、毎週金曜日に運動能力評価実験を行った。運動時から回復時の自律神経活動の変化も考慮しながらトレーニングを行えば、より効率的に運動能力を向上させることが出来る可能性がある。そこで運動負荷時及び回復時の心拍数-呼吸数の関係と運動時から回復時の自律神経活動の変化を同時に解析した。また、比較のためスポーツマン7名と非スポーツマン7名の運動能力評価実験も行った。

- 1) トレーニングを重ねるにしたがって運動時の最高心拍数は次第に減少した。また、スポーツマンと非スポーツマンの間には有差が見られた。
- 2) 運動後の回復期の平均心拍数はトレーニング開始前は 93 ± 4 拍/分であったがトレーニングを重ねるにつれて平均心拍数は減少し、第10週目の平均心拍数は 82 ± 8 拍/分となった。しかし、心拍数のゆらぎはトレーニングを重ねるにつれ増加した。
- 3) 心拍数-呼吸数の関係において、トレーニング開始前の被験者2名及び非スポーツマン7名中5名は時計周りのヒステリシスを示した(9名中7名)。また9週間のトレーニング後の被験者2名及びスポーツマン7名中5名は反時計周りのヒステリシスを示した(9名中7名)。
- 4) レーニング開始前に見られた回復期前半の副交感神経活動と交感神経活動の比を示す HF/LF のピークは、トレーニングとともに減少した。また運動負荷後半の HF/LF のピークはトレーニングとともに半値幅を狭めた。
- 5) トレーニングによって、副交感神経の活動を示す % RR50 が、安静時に次第に大きな値を持つようになった。また10%より大きな数値を回復時に長時間持続するようになった。

産業技術への貢献

覚醒閉眼時の脳波であるアルファ波、睡眠時脳波

であるシータ波、デルタ波、紡錘波を採取し、複素複調法により新しい観点から特に位相情報に注目して空間動態を分析しその基本的特徴を明らかにした。また、トレーニングと心拍数-呼吸数の関係を自律神経活動に関連付けて解釈し訓練効果を測定する手段を開発した。これらの成果は単に個人の健康管理という側面のみならず、医療・福祉の分野への応用も期待される。将来的にはこうした脳波や心電図等の生理諸量を利用し日常的な健康状態や身体トレーニングの効果を計測モニタする機器の開発に繋がるものとする。

研究発表

- 1) 安部泰弘、中島一樹；「動負荷テスト時の自律神経活動評価の試み」、信学技報、MBE97-139, pp.95-102 (1998)

グループメンバー

氏名	所属	職(学年)
古賀 和利	工・知能情報システム	助教授
西藤 聖二	工・電気電子	講師
中島 一樹	工・感性デザイン	講師
桜井 建成	理工・システム工学	D3

連絡先

TEL : 0836-35-9480

E-mail : koga@is.csse.yamagucgi-u.ac.jp