

様々な刺激や環境に対する自律神経活動の分析

Analysis of Autonomic Nerve Activity under Various Stimulations and Environments

(2012年3月31日受理)

西田 典数 三島 明子 采女 葉月
Norikazu Nishida Akiko Mishima Hazuki Uneme

Key words : 自律神経, 心拍変異, T A S 9, 交感神経, 副交感神経, 年齢・加齢・老化, 刺激, 環境

要 約

自律神経は、私たちが生きて行く上で大変重要な役割を担っている。全ての内臓諸器官を支配し相互の働きを調整し調和を保っている。人体の恒常性の維持も担っている。自律神経の中樞は脳と脊髄にあり、現代のストレス社会においては、心身の疲労も重なり自律神経に失調をきたす場合も多い。今回、T A S 9（自律神経分析・加速度脈派計）を用いて心拍変異度（心拍の揺らぎ）を解析し、自律神経活動および様々な刺激や環境の変化に対する自律神経の応答、変化を評価した。9歳から72歳の方を対象とし、各種負荷を与え経時的に評価した。年齢・加齢、深呼吸、嚥下、激しい運動、喫煙、寒冷環境、テレビ・ラジオ・音楽視聴等では自律神経活動に一定の変化を認めた。一定の応答を認めなかったものには、個々の細かい設定での測定回数や測定環境（安静）の問題も影響していると考えられる。

I. はじめに

自律神経は本人の意思とは無関係に働く神経で、血圧や脈拍、呼吸、消化、排泄、体温・発汗調節、ホルモン分泌、生殖活動等々を調節している。自律神経には、互いに反対の働きをする交感神経と副交感神経がある。交感神経は体の活動を促す「エネルギー消耗型」の神経で、動物本来の“闘争・逃走”に伴う反応をもたらす。副交感神経は内臓・諸器官をリラックスさせる「エネルギー保存型」の神経である。例えば、恐怖や緊張を感じると交感神経が働き、睡眠や休息をとる時に副交感神経が働く。このように、2つの神経は次々に変化する体内や外部からの刺激に反応して自動的に切り替わり、臓器や器官の働きを調節してバランスをとっている。現代社会においては、心身へのストレスを感じやすく、生活リズムも乱れがちである。そのため、自律神経のバランスが崩れてしまう場合も多く、その結果、体の各臓器・器官に

不調が現れる。今回、自律神経活動および様々な刺激や環境に対する自律神経の応答・変化を測定評価した。

目 的

指尖で簡単に測定できるT A S 9（自律神経分析・加速度脈派計）を用いて心拍変動を解析し、自律神経の状態や年齢・老化による変化、運動、食物、環境、喫煙、薬物等に対する自律神経の応答や働きを評価する。

方法と対象

測定にはT A S 9を用い、利き手ではない人差し指にセンサー（赤外線LEDとフォトダイオードを用いた反射型光電脈派センサー）をはさみ、2分30秒間、安静時、座位での心拍（脈拍）の変動（揺らぎ）の測定を行う。その後、各種負荷や温度変化を与え、経時的な変化を測

定評価する。

対象は、9歳から72歳の男女47人。

測定・負荷項目

(1) 年齢・加齢

年齢、加齢による変化を確認するために、各年齢対象者に安静状態で測定評価する。

(2) 深呼吸 (約18～26回/2分30秒)

(3) 嚥下 (唾液嚥下, 約25回/2分30秒)

(4) 激しい運動 (150mを3回連続して全力疾走) の前と終了直後以降を測定。

(5) 喫煙の前と直後以降から測定する(日常非喫煙者)。

(6) 交感神経遮断薬 (長時間作用型β遮断薬) 及び交感神経刺激薬の影響

非選択性β遮断薬 (アテノロール50mg), αβ遮断薬 (カルベジロール20mg), 及び交感神経刺激薬抗, アレルギー薬等の常用量の内服(医師教員)。

(7) 寒冷・温熱環境 (室温・環境温度6℃, 20℃, 30℃)

(8) テレビ, ラジオ, 音楽の視聴

(9) 運動 (階段昇降)

一般的に運動中の自律神経活動は交感神経が優位になる。校舎の1～4階を, やや速足で2往復し前と直後から測定評価を行う。

(10) 爪のマッサージ

一般的に爪マッサージを行うと自律神経活動は副交感神経が優位になる。両手の各指を10秒ずつ少し痛い程度にマッサージし, 前後を測定評価する。

(11) 冷水180ml (10℃), 300ml (3℃) の飲用。

(12) 白湯180ml (70℃) の飲用前後の経過を評価。

(13) コーヒーの飲用

一般的に, コーヒーに含まれるカフェインは, 自律神経の働きを高め, 交感神経優位となると言われている。インスタントコーヒー1g (カフェイン約40mg) を180mlで, 同2g (同約80mg) を100ml (カフェイン高濃度分) で飲用 (各々10℃と70℃)。

(14) 緑茶の飲用

一般的に, お茶に含まれるテアニンにはリラックス効果があり, 副交感神経活動が優位になるとい

われている。緑茶5gとテアニン含量が多い緑茶(煎茶)5gを180mlにして飲用(各々10℃と70℃)。

(15) 各種香辛料の摂取

わさび, 生姜, 唐辛子, からし, 山椒等を摂取。

(2)～(15)は, それぞれ負荷前安静時と, 負荷後の経過を最長120分後まで, 薬剤内服では24時間後まで測定評価する。嚥下と深呼吸では負荷中も測定する。

測定項目

SDNN (心拍標準偏差)

PSI (肉体的疲労度)

MSI (精神的ストレス)

LF (交感神経活動の指標)

HF (副交感神経活動の指標)

TP (LF, HF等の合計)

LF/HF (交感神経と副交感神経のバランス)

HR (心拍数) 等。

SDNN (心拍標準偏差) について

心拍標準偏差とは, 「心拍のゆらぎ」である。加齢・老化に伴い自律神経機能の低下の影響もあり心拍の揺らぎが低下してくる。若い人ほど平均的に心拍標準偏差の数値が高くなる。呼吸の影響も受け, 健康な人はこの値が高く, 疾病状態や慢性的に疲れている人では値が低下する。(表1)

表1 SDNN (心拍標準偏差)

区分	正常範囲	区分	正常範囲
10代	42～112	40代	25～95
20代	36～106	50代	19～89
30代	31～100	60代	14～84

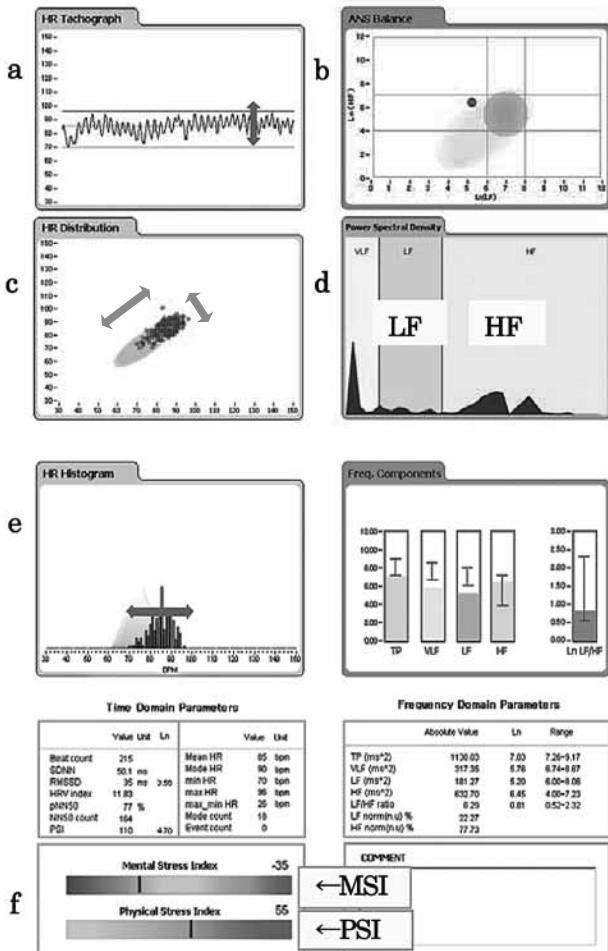
結果と考察

結果の見方と評価

20代女性は自律神経活動, 心拍標準偏差の活動が十分に認められる(図1)。aは心拍の変動を表し, 主に呼

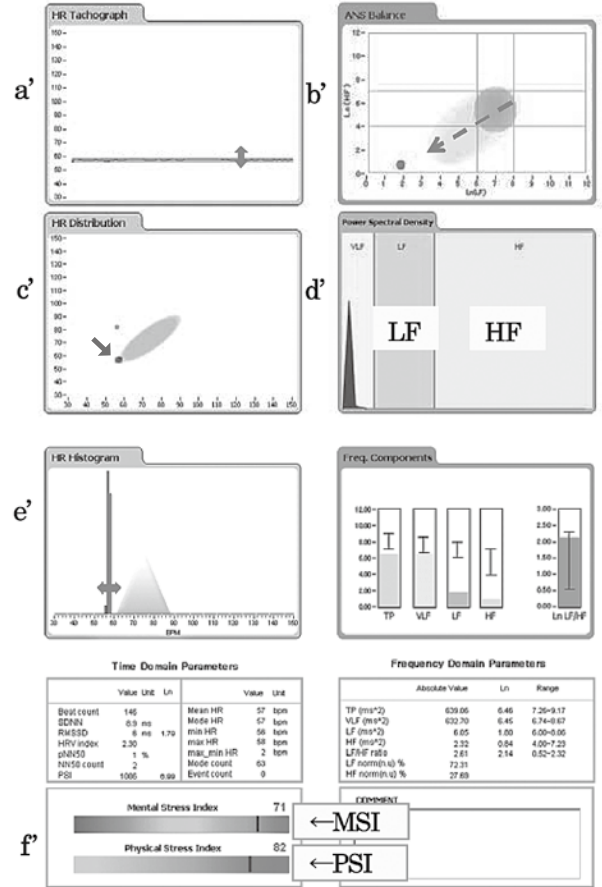
吸によって生じる。bは交感神経活動（横軸LF）と副交感神経活動（縦軸HF）のバランスを表し、若くて健康な人では、丸印が中央に近づく。cは心拍数分布を表し、広く分布しているほど健康的であると言える。dは高速フーリエ変換を利用したスペクトル分析値であり、交感神経活動（LF）と副交感神経活動（HF）を表し、どちらの活動も十分に認められる。eは心拍標準偏差を表し、横幅が大きいほど健康であると言える。fの上のグラフは精神的ストレス（MSI）を表し、交感神経と副交感神経のバランスである。右に近づくほどストレスが高い状態で交感神経活動が過剰な状態にあり、左に近づくほど無気力、慢性神経衰弱で副交感神経が過剰であることを表す。中央付近にラインがあるのが望ましい。下のグラフは肉体的疲労度（PSI）を表し、右に近づくほど極度に疲労していることを示し、左に近づくほどストレス、疲労は少なくなる。

図1 20代女性の自律神経分析結果



(図2)は、30代男性の結果である。自律神経活動は20代の女性と比べると、心拍の変動がほとんどなく(a', c'), 交感神経活動(LF)も副交感神経活動(HF)も高度に低下し(b', d'), 自律神経活動全体が低下している。f'では精神的ストレスと肉体的疲労度が、どちらも高い状態にあることが分かる。

図2 30代男性の自律神経分析結果



各種負荷、環境変化に対する応答

(表2)は、自律神経活動に一定の変化を捉えることができた項目や負荷である。以下、詳細を記述する。

表2 自律神経測定結果

	SDNN	TP	LF	HF	PSI
年齢	↓	↓	↓	↓	↑
深呼吸	↑	↑	↑	↑	↓
職下	↑	↑	↑	↑	↓
激しい運動	↓	↓	↓	↓	↓
喫煙		↓		↓	
交感神経刺激薬		↑			↑
寒冷環境	↑	↑		↑	
TV・ラジオ	↑	↑	↑		
音楽鑑賞	↑	↑		↑	↓

(1) 年 齢

年齢の変化では、SDNN、TP、LF、HFには加齢と共に明らかな低下を認めた。SDNNは値が高い方が良いが、47人中8人は、年齢を考慮しても値が低く、自律神経活動が低下していると考えられた。(図3、4、5、6)

図3 年齢による自律神経のSDNNの変化

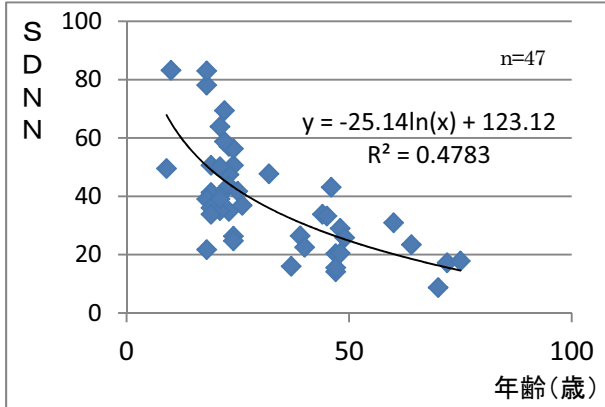


図4 年齢による自律神経のTPの変化

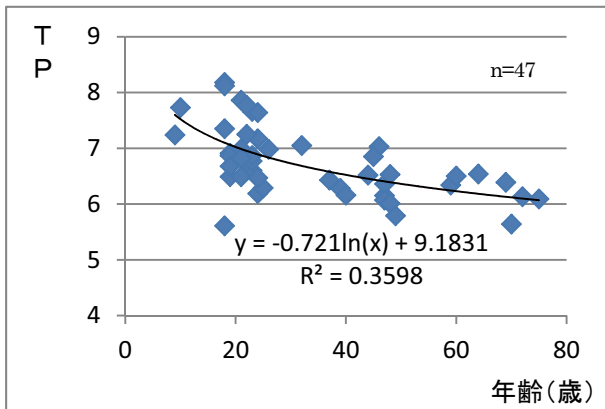


図5 年齢による自律神経のLFの変化

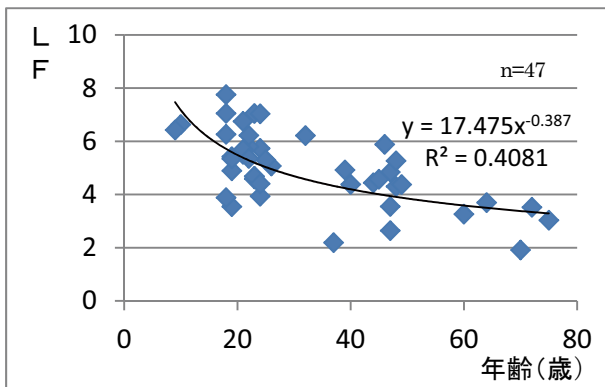
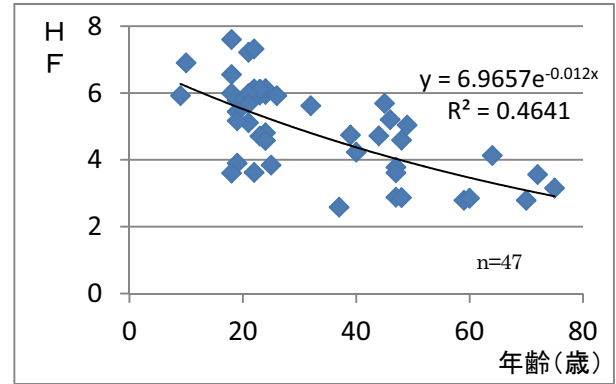


図6 年齢による自律神経のHFの変化



(2) 深呼吸

深呼吸ではSDNN、TP、LFは深呼吸中に値が有意(*P<0.05)に上昇した。HFは深呼吸によって活動が適正化する傾向が見られたが、15分後には各指標の値が元の状態に戻っていた。(図7、8、9、10)PSI(肉体的疲労度)は有意に低下していた。TAS9本来の測定は安静時であり自律神経への呼吸・深呼吸効果が大きい事が良く分かる。

図7 深呼吸による自律神経のSDNNの変化

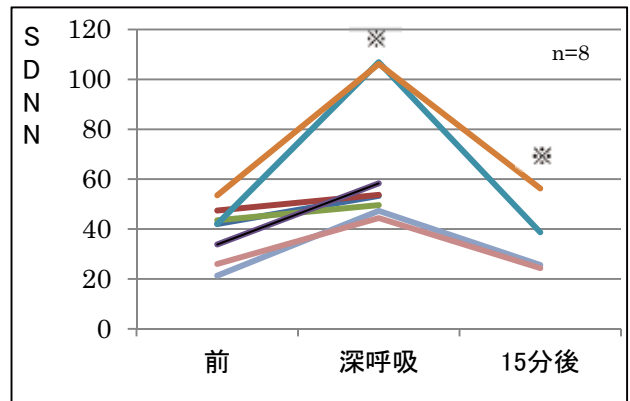


図8 深呼吸による自律神経のTPの変化

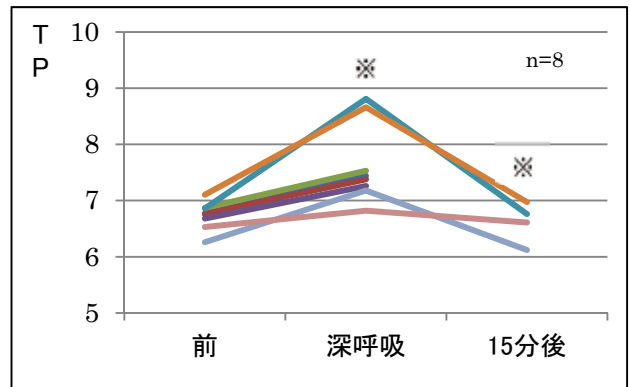


図9 深呼吸による自律神経のLFの変化

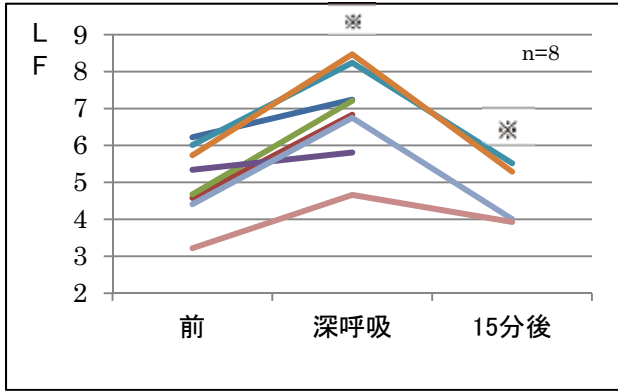


図12 嚥下による自律神経のTPの変化

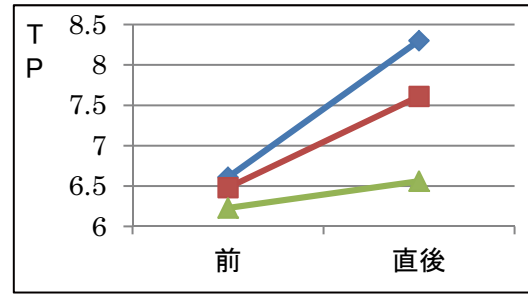


図13 嚥下による自律神経のLFの変化

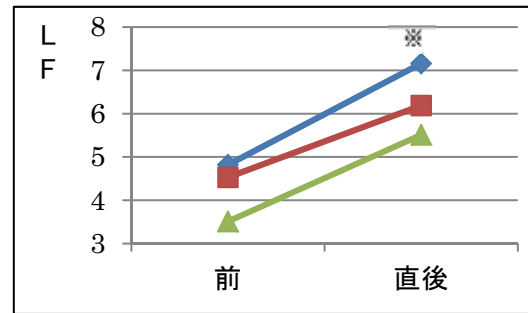


図14 嚥下による自律神経のHFの変化

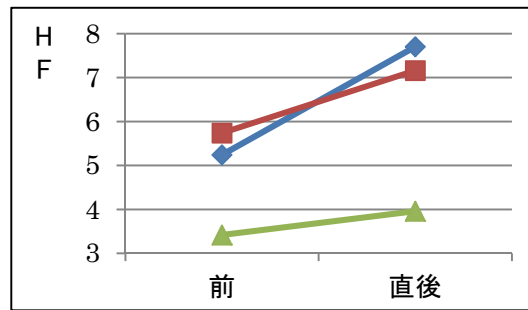
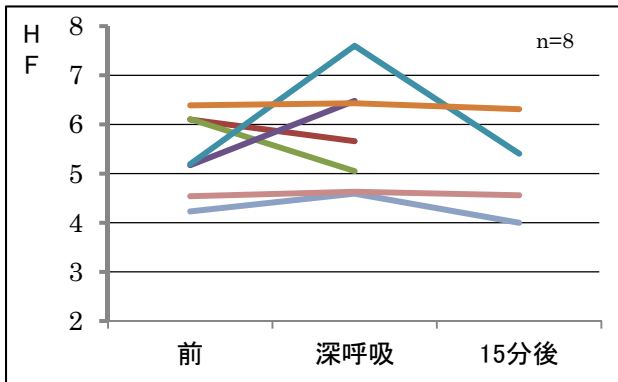


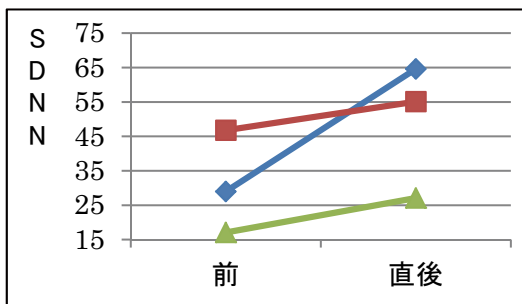
図10 深呼吸による自律神経のHFの変化



(3) 嚥下

唾液嚥下ではSDNN, TP, LF, HFどれも嚥下中に値が上昇した。このことから嚥下活動により、自律神経活動が全体的に活性化されることが分かった。(図11, 12, 13, 14) PSI (肉体的疲労度)は低下していた。自律神経と嚥下の関与が大きい事が良く分かる。

図11 嚥下による自律神経のSDNNの変化



(4) 激しい運動

一般的に、運動中には自律神経活動(交感神経活動)は亢進する。しかし、激しい運動(150m全力走3回)後では、SDNN, TP, LFが一時的に有意に低下を示し(*P<0.05), 1, 2時間後には回復した。PSI (肉体的疲労度)は有意な上昇を認めた。激しい運動により疲労し、自律神経活動が低下していることが考えられる。(図15, 16, 17, 18)

図15 激しい運動後の自律神経のSDNNの変化

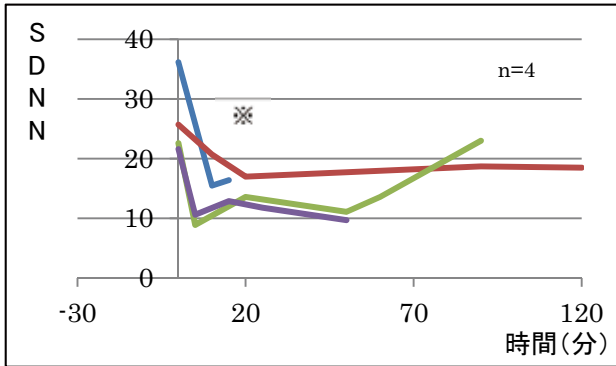


図16 激しい運動後の自律神経のTPの変化

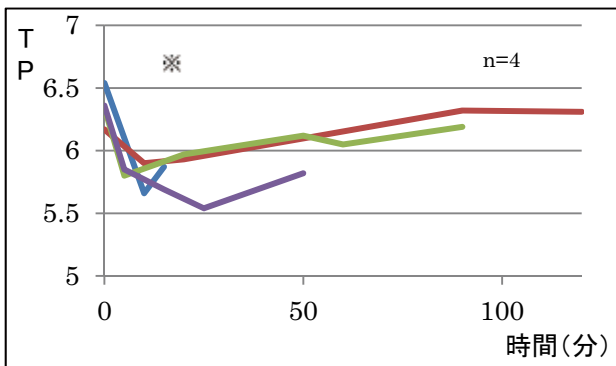


図17 激しい運動後の自律神経のLFの変化

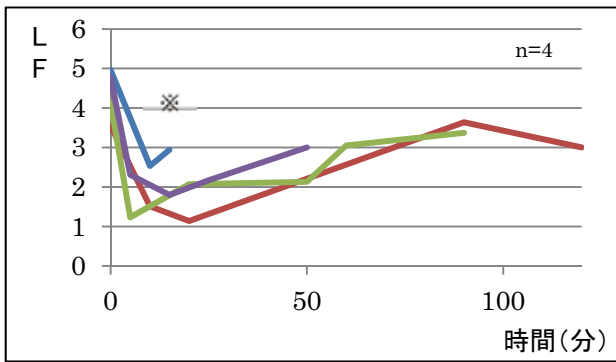
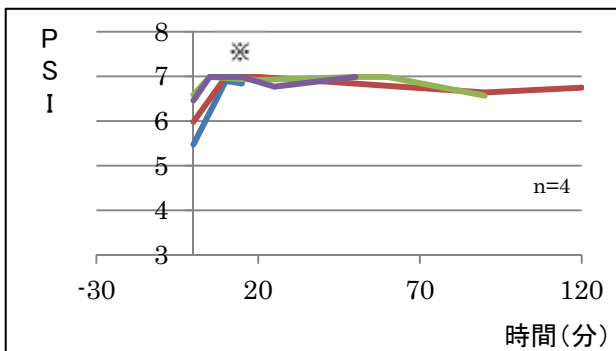


図18 激しい運動後の自律神経のPSIの変化



(5) 喫煙

喫煙ではTPが有意 (* P<0.05) に低下している。その中でHFが有意に低下していた。喫煙は、自律神経活動に悪影響を与えていると言える。(図19, 20)

図19 喫煙による自律神経のTPの変化 (40代男性)

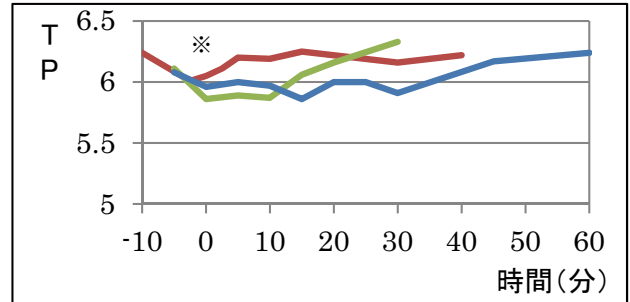
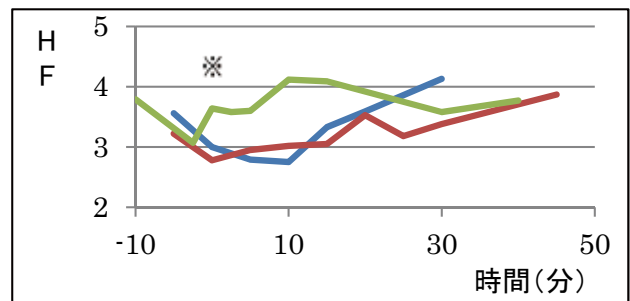


図20 喫煙による自律神経のHFの変化



(6) 交感神経遮断薬 (β遮断薬), 交感神経刺激薬

長時間作用型β遮断薬の内服 (40歳代男性) では、交感神経活動は低下傾向に、副交感神経活動は長時間にわたり活性化傾向にあったが、測定回数も少なく今後再検討する。交感神経刺激薬ではTP, PSI等が上昇した。

(7) 寒冷環境

寒冷環境における変化ではTP, HFは有意 (* P<0.05) に上昇した。自律神経活動が活性化されていることが考えられる。(図21, 22, 23)

図21 寒冷環境におけるSDNNの変化

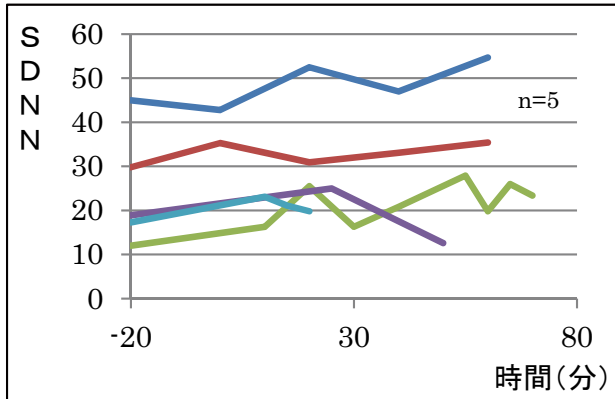


図22 寒冷環境におけるTPの変化

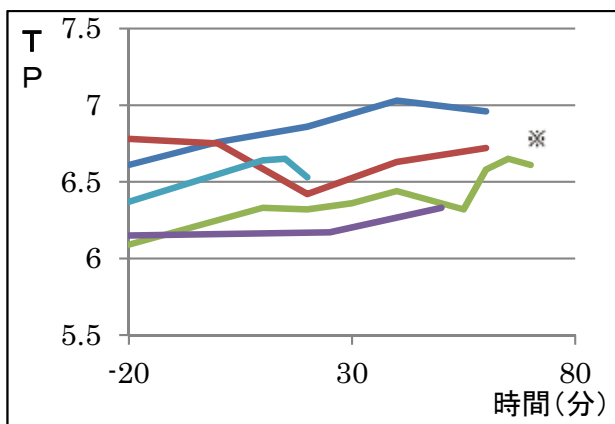
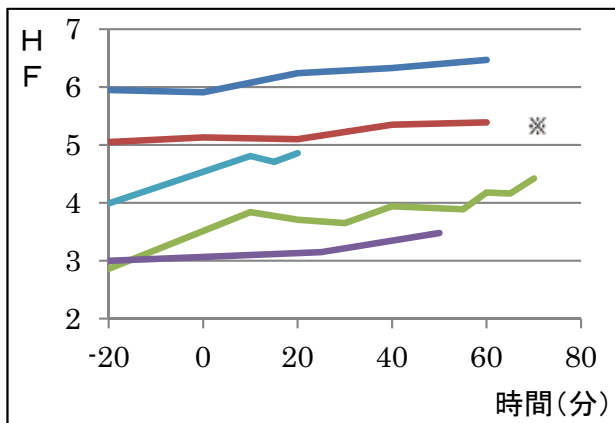


図23 寒冷環境におけるHFの変化



(8) テレビ・ラジオ, 音楽の視聴

自律神経活動の活性化を認めた。テレビ・ラジオでは交感神経活動が、音楽鑑賞では副交感神経が優位な傾向があり、PSI (肉体的疲労度)にも低下傾向を認めた。

(9) その他

今回の検討では、運動 (階段昇降)、爪マッサージ、冷水飲用 (3℃・10℃)、白湯・コーヒー (10℃・70℃)・緑茶飲用 (3℃・10℃・70℃)、温熱環境 (30℃) では自律神経活動の変化に一定の傾向を捉えることができなかった。これは、それぞれ細かに条件設定したため、各々では被験者・測定回数が少なかったことと、正確な測定のために必要な、静寂な環境で心身の安静な状態を2分30秒間保つことが簡単ではなかったこと等が考えられる。

ま と め

安定した測定結果を出す事が比較的難しい検査ではあるが、今回の検討では、加齢、深呼吸や嚥下、激しい運動、寒冷負荷、喫煙、音楽鑑賞等で自律神経活動に一定の変化を捉えることができた。これらは自律神経の生理的な応答・変化と考えられる。このように自律神経活動やその応答・変化を評価し、健康の指標としていくことが、心身の健康を保持する上で有効であると考えられる。今後は、日内変動や、食事・健康食品・サプリメント・嗜好品の摂取、運動・ストレッチ効果、各種のアンチエイジング・抗ストレス・環境対策、睡眠等々に対する自律神経の短期的、長期的応答を事例も増やして検討していきたい。

さらに、自律神経機能が低下していく加齢・老化・年齢の問題と対策、今回は十分検討ができなかった心身の疲労の評価と、その対策について検討していきたい。

参 考 文 献

- 1) Guidelines -Heart rate variability-. European Heart Journal, 17, 354-381, 1996.
- 2) J. Biomed: A Study on an Optimal Respiration Rate for the ANS Assessment based on RSA Analysis. Eng. Res, 503-511, 2007.
- 3) Haruko Takada, Kazuo Okino, Yumiko Niwa: An Evaluation Method for Heart Rate Variability, by Using Acceleration Plethysmography. HEP, 31 (4), 2004.

- 4) 山口浩二, 笹部哲也, 倉恒弘彦, 西沢良記, 渡辺恭良: 疲労の客観的評価 加速度脈波を用いた方法. 精神医学, 50 (6) 別冊, 2008.
- 5) 高田晴子, 高田幹夫, 金山愛: 心拍変動周波数解析のLF成分・HF成分と心拍変動係数の意義 —加速度脈波測定システムによる自律神経機能評価—. 総合健診, 32 (6), 5004 - 512, 2005.
- 6) 五島史行, 水足邦雄, 國弘幸伸, 小川郁: 指尖脈波解析を用いためまい患者の自律神経機能評価. Equilibrium Res, 69 (4), 207 - 212, 2010.
- 7) 井上純一, 他: 心拍変動を用いた不安の自律神経機能評価について. バイオフィードバック研究, 37 (2), 97 - 103, 2010.
- 8) 山口浩二, 笹部哲也, 倉恒弘彦, 西沢良記, 渡辺恭良: 加速度脈波を用いた疲労評価. 治療, 90 (3), 537 - 547, 2008.
- 9) 山口浩二, 笹部哲也, 田島世貴, 渡辺恭良: 疲労の生理学的計測: 加速度脈波. 医学のあゆみ, 228 (6), 646 - 653, 2009.
- 10) 永吉英記, 渡辺剛, 山仲勇二郎: 環境変化と心臓自律神経活動との関連. 2002.
- 11) 鋤崎利貴, 横山茂樹, 大城昌平, 千住秀明, 東登志夫: 腹式呼吸が自律神経系に及ぼす影響 (呼吸・循環器系疾患). 2000.
- 12) 新潟大学教育人間科学部 山崎健: 運動時の自律神経と情動反応.
- 13) 森谷梨, 小田史郎, 中村裕美, 矢野悦子, 角田秀男: カモミール茶摂取による自律神経機能と感情指標の変化: 青年男性における検討. 2001.
- 14) 佐藤都也子: 健康な成人女性におけるハンドマッサージの自律神経活動および気分への影響. 2006.
- 15) 入来正躬: 体温調節と自律神経系. 1993.
- 16) 留畑寿美江, 南山祥子, 岩元純, 荒井優気, 柏柳誠: 起立試験時の自律神経応答に対するグレープフルーツの香りの効果. 2007.
- 17) 藤井恵美子, 村木篁: 自律神経の薬物と薬理: 特に降圧薬の分類. 1993.
- 18) 足立健彦, 佐藤昭夫: 免疫と自律神経. 1993.
- 19) 石原俊一, 岩井真喜: ストレス事態に対する音楽と映像のリラクセーション効果. 2008.
- 20) 河合房夫, 宮地栄一: 自律神経系に及ぼすコーヒーの香りの効果の生理工学的研究. 2006.
- 21) 畠山英子, 山口政人: 緑茶成分テアニンの自律神経活動に及ぼす影響. 2002.
- 22) 山口浩二: 加速度脈波を用いた診断法. 2006.
- 23) 高田晴子, 沖野加州雄: 加速度脈波の“血管老化スコア”を用いた動脈硬化リスク評価 —10年間レトロスペクティブ・コホートスタディー—. 2004.
- 24) 主婦の友社編集: 自律神経失調症がみるみる改善する100のコツ. 2006.
- 25) 久保木富房監修, 伊藤克人・宮坂菜穂子編集: 専門医が治す! 自律神経失調症. 2009.
- 26) 坪井康次監修: 最新 自律神経失調症を治す本. 2010.
- 27) 福田稔監修, 安保徹協力: 免疫を高めて病気を治す「爪もみ」療法. 2009.
- 28) 田沼久美子, 益田律子, 三枝英人監修: しくみと病気がわかるからだの事典. 2010.
- 29) 物部博文: 男子学生の冷え性傾向の有無からみた寒冷血管反応の差異. 2005.
- 30) Autonomic Assessment Report. Heart Math Research Center, 1996.