

仰臥位から座位への姿勢変換が自律神経系活動におよぼす影響

雙田 珠己・緒方 優*・澤田 晶*

Effects of Movement from a Supine to a Sitting Position on the Autonomic Nervous System

Tamami SODA, Yu OGATA and Aki SAWADA

(Received October 3, 2011)

A study was conducted to investigate the effects of the analysis of heart rate variability on monitor screening tests. Twenty-two healthy females (average age 20.2) performed changes in position from the supine position to the sitting position on the floor, and their heart rate variability was analyzed. Heart rates and LF/HF, which are considered indices of sympathetic nerve activity, significantly increased. On the other hand, HF/TP, which is thought to serve as an index of parasympathetic nerve activity, significantly decreased in the sitting position. Nevertheless, the heart rates of two subjects rose to 100 bpm during the sitting position, the HF/TP of five subjects in the sitting position became significantly higher than it had been in the supine position. By contrast, the HF/TP of one subject was not changed when they moved from a supine to a sitting position. In many of these special subjects, there tended to be a predominance of sympathetic nerve activity in the supine position. Characteristics of autonomic nervous activity, which did not appear in the heart rates, could be clarified through an analysis of heart rate variability. This suggests some potential for practical use in monitor screening tests.

Key words : analysis of heart rate variability, normal subject, autonomic nervous system.

はじめに

近年, 自律神経活動の評価として, 心拍変動スペクトル解析 (以下, HRV スペクトル解析と表記する) を用いた研究が多くみられるようになった。生理学の分野では, HRV スペクトル解析を用いて, 運動前後の自律神経活動の変化を測定する研究や (林等 1995; 大島等 2003), 姿勢変換が自律神経活動に与える影響の研究 (横井 2003; 高橋等 2008) が数多く行われており, さらに, ストレスや疲労の測定にも自律神経活動の評価が取り入れられている (南谷等 1999)。

一方, 被服学の分野では, 1990 年代以降, 心拍変動を用いた研究は増えており, パジャマの着用感 (松平等 1999) やブラジャーの着心地 (Miyatsuji et al. 2002) の研究, 和服着用時の着心地の研究 (岡部等 2008), 長袖 T シャツ着衣時の生理的負担の研究 (雙田・鳴海 2007; 2009) 等がみられる。著者らは, これまでに多くの HRV スペクトル解析を行い, 生理的負担の指標としての有効性を確認してきたが, 同時にいくつかの問題点にも注目してきた。たとえば, HRV ス

ペクトル解析で求められた数値は, 標準偏差が大きく, 被験者による差が大きいと考えられること。また, 健康状態に関する問診に問題がなく, 身体計測値, BMI, 安静時心拍数, 血圧が正常域にある健常者でも, 自律神経活動評価が一般的な傾向を示さない人が存在することである。このような場合, 被験者数を増やし実験精度を上げることが一般的であるが, 研究分野によっては, 被験者数を簡単に増やせない場合も考えられる。著者らが関わる被服学の分野もその一つで, 着用テストでは試験着の枚数や身体サイズの制約によって, 被験者数を 20 ~ 30 人程度に絞ることが多い。このような条件下では, 適切な被験者を選別するため, 被験者選別テストを実施する必要がある。特に心拍変動の分析を行う研究では, 被験者の心拍数と血圧データに加え, 自律神経活動の健常性も確認する必要があると考えるが, 被験者選別方法や基準を明記した論文は少ない。

そこで本研究では, 健康に問題なく日常生活をおくっている 20 代女子を対象に心拍変動を分析し, 健常者における自律神経活動評価を求め, 被験者選別テストへの有効性を検討する。なお, 被験者の自律神経

*元熊本大学 教育学部

活動評価は、安静時だけでなく、仰臥位から座位への姿勢変換が心拍変動におよぼす影響も含めて分析する。

方法

1. 実験期間と場所

- (1) 実験期間：2010年5月17～21日
- (2) 場所：熊本大学教育学部家庭科準備室。室内は25℃ 65%に調節した。

2. 被験者

被験者は、健康面に問題なく日常生活を過ごしている20代女子22名である。著者が被験者に研究の趣旨と実験方法を口頭で説明して協力を依頼し、実験に対する協力とデータ発表の同意を得た。実験当日は、実験開始1時間前から飲食と激しい運動を禁止し、実験前に被験者の健康状態に関する13項目の問診票(最近不規則な生活をしているか、運動不足か、睡眠時間が短い、疲れやすいか、だるいか、何もしたくないと思うか、ストレスや悩みがあるか、静かにしていても動悸がするか、最近風邪をひいたか、前夜帰宅が遅かったか、天気が悪い日やその前日体調が悪くなるときがあるか、月経中か(予定日が近い)、実験にあたって緊張しているか)を回答させ、健康状態を確認した。なお、被験者が体調不良を訴えた場合や月経中の場合、また、頻繁に咳がでる場合等は測定を中止した。

3. 実験方法

心拍計は携帯式のものを使用し(AC-301A アクティブトレーサー、(株)GMS)、本体部分を被験者の腰部にベルトで固定した。実験時の被験者の服装は、上下2部式であることを指定し、それ以外は自由とした。

図1は、実験の手順を示したものである。被験者は、

床の上に敷かれたフロアマット(100cm×200cm×1.5cm ポリエステル製)の上に、本人が最も楽な座位姿勢で待機し、3分後、携帯型自動血圧計(TM-2431C(株)エー・アンド・デイ)によって血圧を測定し、安静時の血圧とした。血圧測定後、被験者はゆっくりした動作で仰向けに横たわり、両手両足を自然に伸ばした状態で、仰臥位安静時の心拍数を15分間測定した。座位への姿勢変換では、被験者は測定者の指示に従い、仰臥位から身体を右側に回転させ横臥位となり、両手をついてゆっくりと上半身を起こし、足を伸ばしたまま座位の姿勢になった。このとき姿勢変換の動作が一定の方法かつ同じ速さで行われるように、測定者は被験者に口頭で指示を与えながら行った。座位安静の姿勢は5分間保持させ、座位安静時心拍数を測定した。

なお、心拍数測定実験では呼吸数を制限する必要があるが、被験者にとっては精神的な負担になることも考えられるため(吉武2003)、特別に呼吸統制は行わなかった。しかし、呼吸のリズムを整えるため、1分間に30拍のリズムにメトロノームを設定し(山元等2001)、そのリズムを参考に自分のペースで呼吸をするよう指示を与えた。また、緊張を和らげるために実験中はリラクゼーションのためのピアノ曲のCDを環境音楽として用いた。

4. 分析方法

本実験では、心拍数をR-R間隔に変換した測定値を使用し、仰臥位安静時と姿勢変換後の座位安静時を対象に、HRVスペクトル解析を行う。HRVスペクトル解析には、高速フーリエ変換(FFT)、自己回帰法(AR)、最大エントロピー法(MEM)などがあるが、本研究では有限長データを取り扱うことができる最大エントロピー法を選択した。HRVスペクトル解析ソフトは、MemCalc/Tarawa(株)GMS、東京)を用い、セグメント長を30秒、セグメント間隔を2秒に設定した。解析方法は先行研究を参考に(奥田等2001；

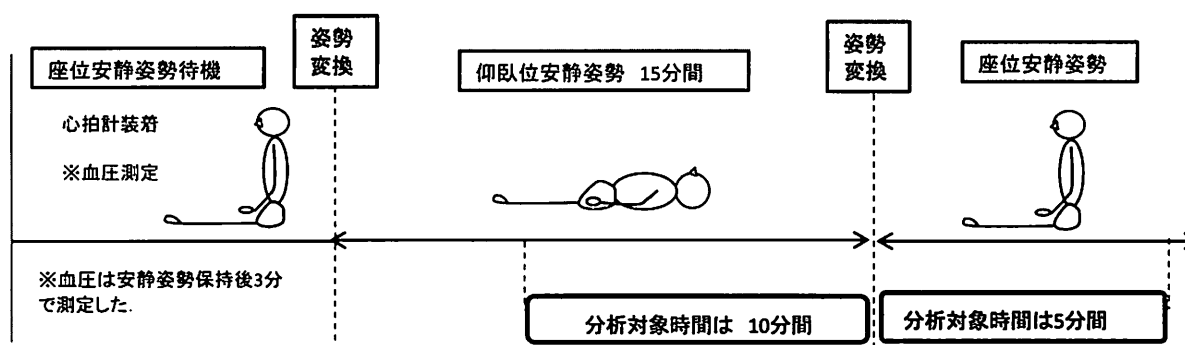


図1 実験方法

Kawaguchi et al. 2001；稲光等 2000), 心拍数, LF, HF, LF/TP のほか, 副交感神経に関する指標として HF/TP, 交感神経に関する指標として LF/HF を求めた。

仰臥位安静姿勢のデータは 15 分間測定したが, 直前に行った座位から仰臥位への姿勢変換の影響を避けるため, 仰臥位を保持してから 5 分後を起点とした 10 分間を分析対象とした。また, 上半身を起こした座位安静姿勢の心拍数と HRV スペクトル解析結果は, 座位安静姿勢を保持してから 1 分ごとにまとめ, 座位安静後 1 分, 2 分, 3 分, 4 分, 5 分の変化を示した。

結果と考察

1. モニターの身体計測値

被験者 22 名の年齢, 身長, 体重, 胸囲, 胴囲, 腰囲を表 1 に示す。20~24 歳を対象とした全国平均値 ((社)人間生活工学研究センター, 2003) と比較すると, 被験者の各項目の平均値は, 同年代女子の平均値と近似しており, 身体寸法・体型ともに標準的であった。

表 1 被験者の身体計測値

	度数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	全国平均値
年齢 (歳)	22	20.2	1.45	18.0	23.0	20~24
身長 (cm)	22	159.5	3.90	152.0	167.0	158.2
体重 (kg)	22	50.9	7.51	38.0	66.0	51.4
胸囲 (cm)	22	82.9	6.09	74.0	97.7	82.2
胴囲 (cm)	22	64.6	5.86	56.4	83.0	63.9
腰囲 (cm)	22	93.3	6.04	79.1	101.5	90.7
BMI	22	20.0	2.47	16.4	25.8	20.5

※身長と体重は本人の申告に基づく。

2. 被験者の問診結果

実験当日に被験者の健康状態をたずねた結果を表 2 に示す。「運動不足」と感じている人は, 22 名中 18 名と多く, 「疲れやすい」と感じている人は 11 名で約半数を占めた。「最近不規則な生活をしている」「睡眠時間は短い」「だるい」「何もしたくないと思う」などの項目には, 約 1/3 の人が該当した。アルバイトなどで生活が不規則になり, 疲労を感じる大学生が多い様子が示唆される。なお, 問診の際, 月経中や発熱があると申告した人, また, 咳が多く実験への影響が懸念された人は, 当日の実験を行わず, 体調の回復をまって実施した。

表 2 問診結果

N=22 (名)

問診項目	はい	いいえ
1. 最近不規則な生活をしているか	7	15
2. 運動不足か	18	4
3. 睡眠時間は短いか	7	15
4. 疲れやすいか	11	11
5. だるいか	7	15
6. 何もしたくないと思うか	8	14
7. ストレスや悩みがあるか	9	13
8. 静かにしていても動悸がするか	0	22
9. 最近風邪をひいたか	3	19
10. 前夜帰宅が遅かったか	5	17
11. 天気が悪い日やその前日体調が悪くなる時があるか	6	16
12. 月経中か (予定日が近い)	6	16
13. 実験にあたって緊張しているか	5	17

3. 安静時の姿勢が心拍変動におよぼす影響

(1) 血圧と心拍数

表 3 に被験者の血圧を示す。日本高血圧学会のガイドラインを参考に, 最高血圧 130mmHg 未満, 最低血圧 85mmHg 未満を正常血圧の目安とすると, 被験者 22 名の安静時血圧は全て正常域内であった。

次に, 仰臥位安静時の心拍数と, 姿勢変換後の座位安静状態の心拍数を比較する。安静時心拍数の正常域は, 性別, 年齢によって異なるが, 正常値は 50 ~ 100 拍/分, 50 拍/分以下を徐脈, 100 拍/分以上を頻脈としており, 60 ~ 80 拍/分が一般的と考えられている (中橋・吉田 1999)。また, 心拍数は姿勢によっても異なり, 仰臥位安静時の心拍数は, 座位安静時よりも低いことが報告されている (横井 2003; 高橋等 2008)。本実験結果では, 仰臥位安静時と座位安静の心拍数を 1 分間ごとに比較し, Wilcoxon の符号付き順位検定を行った。その結果, 表 4 に示すように, 全ての時間帯で仰臥位安静時心拍数と座位安静時心拍数の中央値に差がみられ, 姿勢変換後 5 分間については, 座位心拍数は, 仰臥位心拍数よりも有意に増加することが確認された。

表 3 被験者の安静時血圧

(mmHg)	度数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
最高血圧	22	109.6	10.61	83	127
最低血圧	22	69.8	6.72	57	84

表 4 心拍数の変化

	度数	平均値 (拍/分)	標準偏差	中央値の差 の検定※1
仰臥位安静	1320	61.3	11.12	
座位安静後1分	1320	69.0	12.55	**
座位安静後2分	1320	68.5	12.06	**
座位安静後3分	1320	70.2	11.99	**
座位安静後4分	1320	71.9	12.12	**
座位安静後5分	1317	71.7	13.35	**

※1 仰臥位安静時心拍数と各時間の座位安静後心拍数の中央値を比較し、Wilcoxon の符号付き順位検定を行った。

** $p<.01$, * $p<.05$.

(2) HRV スペクトル解析

図2は、仰臥位安静時と座位安静時についてHRVスペクトル解析を行い、自律神経活動指標であるHF/TPとLF/HFを示したものである。姿勢変換の影響を明らかにするため、仰臥位安静時と座位安静時の中央値を時間ごとに比較しWilcoxonの符号付き順位検定を行った。またHF/TPとLF/HFの平均値と標準偏差を求め、図中に併記した。その結果、座位安静時のすべての時間帯で、HF/TPの平均値は仰臥位安静時よりも有意に減少し、反対にLF/HFは、仰臥位安静状態よりも有意に増加した。すなわち、姿勢変換後5分間については、座位安静姿勢の方が仰臥位安静姿勢に比べ、交感神経が優位な状態にあるといえた。この理

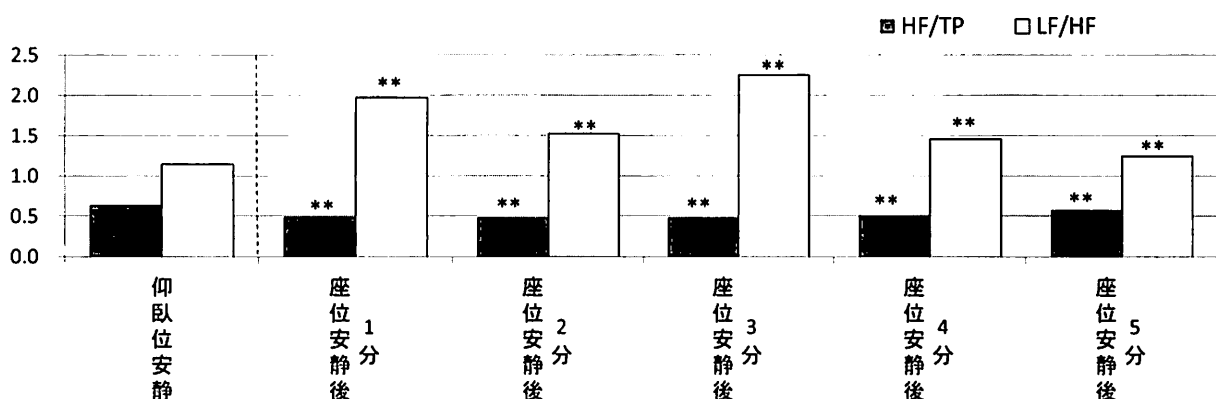
由として、仰臥位安静姿勢から座位安静姿勢への姿勢変換は、心拍数を増加させる程度の負荷強度があり、循環動態に影響を与える刺激であったことが考えられる。そのため、刺激を受けた圧受容体の反応を自律神経が感知し、HRVスペクトル解析の結果に反映されたと考えられた(彼末・能勢2011)。

4. 個々の被験者を対象とした自律神経活動の分析

これらの結果から、被験者グループの心拍数と心拍変動は、仰臥位から座位へ姿勢変換することによって、姿勢変換後5分間については心拍数が増加し、それにもない交感神経優位になることがわかった。そこで、この傾向とは異なる自律神経活動を示す被験者がどの程度の割合で含まれているかを調べるため、個々の被験者について心拍数と心拍変動の分析を行った。

図3は、被験者22名の仰臥位安静時と座位安静後5分の心拍数の関係を示したものである。仰臥位安静時の心拍数が正常域外の人5名で、その内訳は50拍/分以下が3名、80拍/分以上が2名であった。姿勢変換後の座位安静後5分では、全員の心拍数が増加し、心拍数が少なかった3名の測定値は正常域に入った。それに対し、心拍数の多かった2名はさらに心拍数の増加がみられ、座位安静姿勢で95拍/分と100拍/分となった。これは、グループ平均値+2 σ 以上の高い値であった。

次に、仰臥位から座位への姿勢変換が自律神経活



		仰臥位 安静	座位安静 後1分	座位安静 後2分	座位安静 後3分	座位安静 後4分	座位安静 後5分
HF/TP	平均値	.64	.49	.48	.48	.51	.58
	標準偏差	.244	.240	.188	.239	.219	.232
LF/HF	平均値	1.15	1.97	1.53	2.25	1.46	1.25
	標準偏差	1.923	2.479	1.435	3.171	1.426	1.509

※1 HF/TPとLF/HFの値は、座位安静後の時間ごとに仰臥位安静時と比較し、Wilcoxonの符号付き順位検定を行った。 ** $p<.01$ * $p<.05$

図2 HF/TPとLF/HFの変化

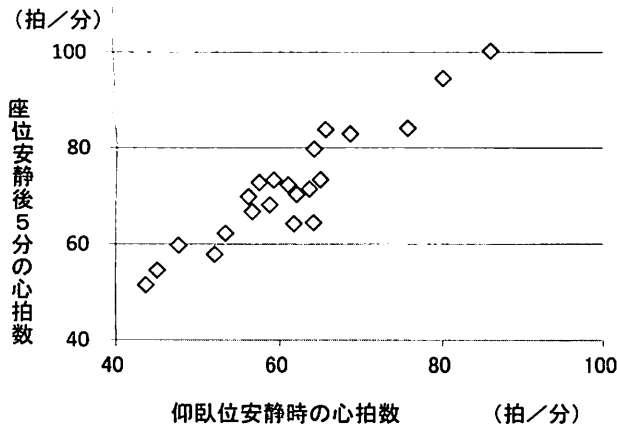


図3 仰臥位安静時と座位安静後5分の心拍数の関係

動におよぼす影響をみると、22名中5名については、座位5分間のいずれかの時間帯で、HF/TPが仰臥位よりも有意に増加し、1名については姿勢変化による心拍変動の有意な変化が認められなかった。この6名の心拍変動は、グループ全体の傾向とは異なる傾向を示すと考えられた。図4は、22名の仰臥位安静時のHF/TPとLF/HFの関係を図化したものである。仰臥位安静時のグループ平均値は、HF/TPが0.64、LF/HFが1.15、心拍数が61拍/分で、副交感神経優位の状態にあると考えられる。しかし、心拍変動の傾向が異なる6名の仰臥位安静時のHF/TPは、6名中4名が0.5以下を示しており、このときの仰臥位安静時心拍数をみると、3名が60~65拍/分、1名が80拍/分であった。心拍数は正常域にあっても、仰臥位状態としては副交感神経の値が全体平均よりも低く、他と比べ緊張感の強い状態にあると考えられた。なお、残りの2名については、仰臥位安静時のHF/TPは0.7以上、仰臥位安静時心拍数は50拍/分以下であった。

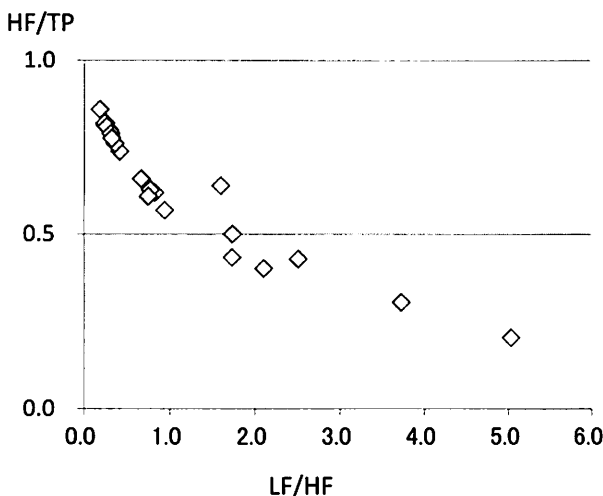


図4 仰臥位安静時のHF/TPとLF/HFの関係

一方、座位安静時心拍数が100拍/分まで増加した2名のHRVスペクトル解析結果をみると、1名は前掲の6名中の1名であり、仰臥位安静時および座位安静時のHF/TPは、姿勢変化の影響を受けずに0.3を示し、常に交感神経が優位な傾向にあると考えられた。他の1名は仰臥位安静時のHF/TPは0.57であったが、座位安静時のHF/TPが0.3を示し、LF/HFが一時的に12.5まで増加するなど、他とは異なる特徴をもつことが明かになった。

これらの結果より、仰臥位から座位への姿勢変換は、心拍数と心拍変動に影響を与えており、それにとまなう心拍変動の分析結果は、個々の被験者の自律神経活動の健全性を推測する方法として有効であると考えられた。本実験結果では、被験者22名のうち6名に、自律神経活動が全体とは異なる傾向が確認された。この6名は健康面に問題はなく、日常生活を支障なく過ごしている健康者である。今回のデータだけでは自律神経活動の評価に問題があるとはいえないが、何らかの理由によって、グループの平均的な心拍変動とは異なる傾向を示していた。ストレスの多い現代社会では、自律神経活動のバランスに若干の乱れをもつ健康者が存在することは十分想定される。このような場合、被験者の数を多くし個体差の影響をなくすことは、最も優先すべきことである。しかし、被服学の着用テストのように、実験の制約が多い条件下で自律神経活動の評価を行う場合は、あらかじめ被験者の自律神経活動の状態を把握しておくことが、重要であると考えられた。その方法としては、仰臥位安静時の心拍変動に加え、仰臥位から座位への体位変換にとまなう心拍変動の分析を行うことが、被験者の負担も少なく有効な方法であるといえた。

まとめ

本研究は、仰臥位から座位への姿勢変換が自律神経活動におよぼす影響を確認し、被験者選別テストにおける心拍変動解析の有効性を検討したものである。健康な女子22名(平均年齢20.2歳)が、仰臥位から座位へ姿勢を変え、そのときの心拍変動を分析した。その結果、座位において心拍数、交感神経活動指標(LF/HF)は有意に増加し、反対に、副交感神経活動指標(HF/TP)は有意に減少した。しかし、2名は座位安静時に心拍数が100拍/分まで増加した。また、心拍変動については、6名が全体とは異なる傾向を示した。その中5名は姿勢変換後の座位安静状態のHF/TPが仰臥位安静時よりも有意に増加したが、1名は姿勢変換によるHF/TPの変化が認められなかった。自律神経

活動の評価が、全体の傾向とは異なる値を示した被験者6名中4名は、仰臥位安静時に交感神経優位の傾向がみられ、安静時でも緊張傾向にあることがわかった。自律神経活動の特徴は、心拍数の変化には現れにくい。心拍変動解析によって明らかにすることが可能であり、被験者選別テストへの活用が考えられた。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)(課題番号20500672)によって行われた研究の一部である。

引用文献

- 林 直亨, 中村好男, 村岡 功 (1995), 一過性の運動中および運動後の自律神経系活動に及ぼす運動強度の影響, 体力科学, 44, 279-286.
- 稲光哲明, 呉 越, 三宅夕美, 久保千春 (2000), 慢性疲労症候群にみられる自律神経機能異常-起立試験と心拍変動スペクトル解析による検討-, 米子医学雑誌, 51 (6), 244-250.
- 彼末一之, 能勢 博 (2011), やさしい生理学, 37, 南江堂.
- Kawaguchi, T., Uyama, O., Konishi, M., Nishiyama, T., and Iida T. (2001), Orthostatic hypotension in elderly persons during passive standing : A comparison with young persons, Journal of Gerontology : MEDICAL SCIENCES, 56 (5), 273-280.
- 松平光男, 高野成子, 麻生典雄 (1999), 心拍変動スペクトル解析によるパジャマの着用快適感に関する検討, 繊維誌, 40 (2), 115-119.
- 南谷晴之, 林左千男, 永田隆信 (1993), ストレス・疲労にともなう心拍変動-ニューラルネットによる自律神経活動の評価-, 電子情報通信学会技術研究報告, MBE, ME とバイオサイバネティクス, 115-122.
- Miyatsuji, A., Matsumoto, T., Mitarai, S., Kotabe, T., Takeshima, T., and Watanuki, S. (2002), Effects of clothing pressure caused by different types of brassieres on autonomic nervous system activity evaluated by heart rate variability power spectral analysis, J. Physiol. Anthropol., 21 (1), 67-74.
- 中橋美智子, 吉田敬一 (1999), 新しい衣服衛生, 47, 南江堂.
- 人間生活工学研究センター (2003), 日本人の人体計測データ 1992-1994.
- 岡部和代, 出口明子, 大槻尚子 (2008), 和服の短時間および長時間着用時の心拍変動からみた着心地, 日本衣服学会誌, 52 (1), 21-31.
- 奥田忠行, 佐藤 啓, 大角誠治, 関根道和, 北島 勲 (2002), 健康成人における男女別の血圧・心拍変動スペクトル解析の加齢の検討, 臨床病理, 50, 186-190.
- 大島秀武, 志賀利一, 森谷敏夫, 舩田 出, 林 達也, 中尾一和 (2003), 運動時におけるリアルタイムでの心拍変動解析に基づく至適運動強度の決定, 体力科学, 52, 295-304.
- 雙田珠己, 鳴海多恵子 (2007), 心拍変動スペクトル解析を用いた着衣動作における身体的・精神的負担の評価-脳性マヒによる運動障害がある人の事例-日本家政学会誌, 58, 91-98.
- 雙田珠己, 鳴海多恵子 (2009), 心拍変動スペクトル解析を用いた着衣時困難性評価における着衣順序の検討, 熊本大学教育学部紀要, 第58号, 自然科学, 37-44.
- 高橋 努, 山本真千子, 高橋方子 (2008), 受動的体位変換および能動的体位変換における循環動態・自律神経活動の比較, 宮城大学看護学部紀要, 11 (1), 7-12.
- 山元健太, 高橋康輝, 吉岡 哲, 小野寺 昇, 宮地元彦 (2001), 持久的トレーニングに伴う安静時徐脈と自律神経系調節との関係, 体力科学, 50, 613-624.
- 横井郁子 (2003), 段階的座位時の血圧と心拍変動に関する研究, The Journal of Tokyo Academy of Health Science, 5 (4), 225-229.
- 吉武康栄 (2003), 生体信号処理のレシピ, 大分看護科学研究, 4 (1), 27-32.