



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—

雙田 珠己, 鳴海 多恵子

(東京学芸大学教育学部)

原稿受付平成 18 年 8 月 4 日; 原稿受理平成 18 年 12 月 2 日

Assessment of Physical and Mental Loads Using Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability during Dressing

—The Case of a Person with Motor Impairment Resulted from Cerebral Palsy—

Tamami SODA and Taeko NARUMI

Faculty of Education, Tokyo Gakugei University, Koganei 184-8501

The present study was designed to investigate assessments of physical and mental loads on a cerebral palsy patient during dressing, using power spectral analysis of heart rate variability (HRV). The effectiveness of the evaluation was first examined using healthy persons, then with a cerebral palsy patient. The subjects were five healthy women (21-23 yrs.) and a man with cerebral palsy (18 yrs.). The five women put on two long sleeve T-shirts of different types (one was easy to put on, the other difficult). The cerebral palsy patient, who required care, put on three long sleeve T-shirts of different types (a ready-made T-shirt, and two T-shirts that had been redesigned from ready-made T-shirts to make dressing easier). Autonomic nervous activity was evaluated before and 3 minutes after putting on each type of T-shirt, using power spectral analysis of HRV. Our finding was that one minute after putting on the T-shirt that was difficult to put on, the LF/HF ratio significantly increased, whereas the HF/TP (high frequency/total power) ratio remarkably decreased, with both the healthy subjects and the subject with cerebral palsy. Thus, it was suggested that power spectral analysis of HRV is an effective method to evaluate ease of dressing for cerebral palsy patients.

(Received August 4, 2006; Accepted in revised form December 2, 2006)

Keywords: cerebral palsy patient 脳性マヒ患者, dressing 着衣動作, heart rate variability 心拍変動性, autonomic nervous system 自律神経系, physical loads 身体的負担, mental loads 精神的負担.

1. 目的

身体的負担を生理学的に評価する方法として、近年心拍を測定し、心拍変動スペクトル解析を行う方法が注目されている(片岡等 2000; 莊司等 2000; Kawaguchi *et al.* 2001; Nagai *et al.* 2003)。心拍変動スペクトル解析は、自律神経である交感神経と副交感神経活動を分別定量化することが可能と考えられている(Akselrod *et al.* 1981)。心拍は安静時に規則正し

く打つものと思われがちであるが、実際は呼吸や体循環の調節に伴う自律神経の命令を受け、一拍一拍ゆらいでいる。この心拍のゆらぎを心拍変動(以下、HRVと表記する)と呼び、R-R 間隔から算出する。HRV のスペクトルには低周波数領域(0.04~0.15 Hz)と高周波数領域(0.15~0.5 Hz)にピークが認められ、前者は LF 成分、後者は HF 成分と呼ばれている。LF 成分は交感神経および副交感神経活動を、HF 成分は

副交感神経活動を反映しており、交感神経活動のみの指標としては、LF/HFを用いることが多い(吉武2003)。これらの指標は精神的負担を定量化する上でも有効な方法と考えられ、被服学の分野では快適感の定量化などに用いられてきた(松平等1999; Miyatsuji *et al.* 2002)。

そこで、本研究では、運動機能に障害がある脳性マヒ患者の着衣のしやすさを評価する方法として、HRV スペクトル解析の応用を試みた。筆者らはすでに、脳性マヒ患者が着にくいと感じる服の着脱動作について、身体的負担を定量化するために、時間、衣服の変形量、介助者の心拍数の測定を行ってきた(雙田と鳴海2003)。本研究では、さらに心拍に含まれる自律神経に関する情報に注目し、着衣動作が被験者の身体的・精神的負担におよぼす影響を、客観的データとして捉えることを試みる。

一般に脳性マヒ患者の医学的特徴としては、腸や膀胱の障害、多汗、動悸、運動機能障害、言語や感情の障害などの自律機能不全があげられ、いくつかの症状を重複している人も多い。しかし、脳性マヒ患者の自律機能不全の症状と自律神経の関係についての研究は、現在まであまり行われてこなかった(Yang *et al.* 1997, 2002; Hanna *et al.* 2000; Eun *et al.* 2002)。また、脳性マヒ患者の自律神経の働きを調べる実験は、被験者に静的なストレスを与える方法(head up tilt など)を用いることが多く、被験者に動作を伴ったストレスを与え自律神経の働きを評価する方法は、ほとんど実施されてこなかった。

そこで、本研究ではまず健常者を被験者とし、着衣動作がHRVにおよぼす影響を明らかにし、被験者の着衣時の負担感との照合から、HRV スペクトル解析を用いた評価の有効性を検討する。その上で、脳性マヒのため運動機能に障害のある人が、着衣時に感じる身体的・精神的負担を、HRV スペクトル解析によって数値化し評価することを試みる。

2. 方 法

(1) 健常者による着衣時の負荷の評価

1) 被 験 者

被験者は21~23歳の健康な女性5名とし、表1に身長、胸囲、背丈の測定値を示す。なお、実験当日は、開始1時間前から飲食と激しい運動を禁止した。

2) 試 験 着

本実験は後掲する脳性マヒ患者の着衣における

表1. 被験者(健常者)の身体寸法

被験者	身長	胸囲	背丈
A	153.5	83.0	37.0
B	155.0	88.3	36.3
C	161.5	84.5	39.5
D	165.5	86.0	42.0
E	160.0	81.5	36.0

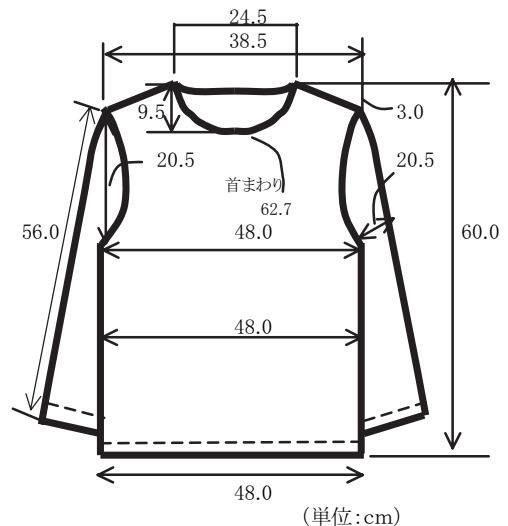


図1. 試験着(健常者)

HRV スペクトル解析の確認を目的として行ったため、試験着は脳性マヒ患者を対象とした実験で用いた市販品と同形のかぶり型丸首長袖Tシャツとし、成人女子用JIS衣料サイズ9ARに対応した編布上衣製図法(佐藤2003)を参考に、図1のように製作した。なお、出来上がり寸法は、胸囲96cm、首まわり62.7cmである。材料は編布と織布の2種類を用い(表2)、編布試験着を着やすい服、織布試験着を着にくい服として位置づけた。

3) 実験方法

被験者はブラジャーを着用しない状態で下胸囲の位置に心拍計(Polar Heart Rate Monitor S 810TM, Polar社)を直接装着し、その上に綿100%のメリヤス半袖Tシャツを着用し、23℃65%RHの室内において椅座安静状態で10分間待機した。待機終了直後から、R-R間隔で心拍数の測定を開始し、測定開始後10分経過した時点で椅座のまま編布試験着の着衣動作を開始した。着衣動作終了後、再び椅座安静状態を保ち、10

表 2. 試験着の素材の特徴

素材	編布 (メリヤス生地)		織布 (シーチング生地)
	ポリウレタン 5%, 綿 95%		綿 100%
組織	ウレタンカバーリング糸と綿糸を交編した平編		平織
密度	たて (ウェール) 本/cm	13.0	11.8
	よこ (コース) 本/cm	16.4	13.2
重量	g/m ²		138.3
伸長力*1	たて N	0.5	212.1
	よこ N	0.5	6.7
厚さ	mm		0.31

測定条件：20℃，65%．*1 1 分間あたりつかみ間隔の 50% の引張速度で試験片を 5% 伸ばし，そのときの荷重 (N) を求めた．

分経過した時点で椅座のまま脱衣動作を行った．脱衣終了後は 3 分間椅座安静状態を保ち，心拍数の測定を終了した．5 分間休憩の後，同様の方法で織布試験着の着衣動作を行い心拍数を測定した．なお，心拍測定時に呼吸統制は行わず自分のペースで呼吸を行った．

さらに，試験着の着衣のしやすさについて官能検査を行い，被験者が各試験着の心拍計測終了後に，日常生活で着衣している同種の衣服の着やすさを基準に，5 よい，4 まあよい，3 どちらでもない，2 あまりよくない，1 悪いの 5 段階尺度で評価した．

4) 解析方法

本実験では，被験者の着衣動作が HRV に与える影響を調べることを目的としたため，測定開始から着衣動作終了後 10 分 (脱衣動作直前) までを解析の対象とした．

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，本実験では有限長データを取り扱うことのできる最大エントロピー法を選択し，HRV スペクトル解析ソフト MemCalc/Tarawa (株)GMS，東京) を用いて解析した．また，データ長は 30 秒とし，連続記録の中から 2 秒間隔で求めたデータを 1 分ごとにまとめ，先行研究を参考に (Kawaguchi *et al.* 2001；清水等 2001；Yang *et al.* 2002) LF，HF，LF/HF，LF/TP，HF/TP を求めた．なお，LF/TP，HF/TP とは，全パワーに占める個々の値の割合を示したもので標準化された値である．LF と HF は，通常，パワーの絶対値 (ms²) で示されるが，標準化することにより値の比較が容易になるため (稲光等 2000；Baillard *et al.* 2002)，今回はこれを求めた．

解析は着衣前安静時の値を基準とし，その値と着衣後の各指標の値を比較し，Wilcoxon の符号付順位検定を行った．着衣前安静時の値 (以下，着衣前とする) は，心拍数が最も安定していた実験開始後 5~7 分の 5 人の測定値を平均し求めた．また，着衣後については，着衣終了時から 1 分ごとに 5 人の平均値を求め，着衣後 1 分，着衣後 2 分，着衣後 3 分と表記した．

(2) 脳性マヒ患者による着衣時の負荷の評価

1) 被験者

被験者は出生時障害によるアテトーゼ型脳性マヒである．四肢にマヒがあり，特に左手の筋の緊張が強くと不随意運動が多いため，通常はベルトで左手を抑えている．軽い言語障害があるが日常生活に支障はなく，知的な障害もない．日常生活の全てに介助が必要であるため，主として母親が介助を行っている．ただし，移動については，電動車イスを顎で運転し一人で外出することも多い．被験者の体型は，身長 160 cm，胸囲 97.0 cm，胴囲 66.0 cm，腰囲 77.5 cm で，筋肉が少ないやせた体型である．

2) 試験着

被験者は両腕にマヒがあるため，日常的な上衣の着衣では肘を通す動作に強い困難を感じていた．特にかぶり型の長袖 T シャツ (市販品) は，伸縮性があるメリヤス素材で作られているにもかかわらず，肘通しが悪く着衣しにくいと評価された．そこで，実験に用いる試験着は，被験者が保有し着にくいと評価した綿メリヤス丸首長袖 T シャツを参考に，それと同形同素材の市販長袖 T シャツを選定した．これを着にくい服 (試験着 A) とし，図 2 に示すように，試験着 A に被験者の腕が通しやすくなる 2 種の修正を施し，着



図2. 試験着

やすい服(試験着B・試験着C)と位置づけた。

3) 実験方法

予備実験では、心拍数の測定時間が長くなると被験者の疲労が大きくなり、手足の不随意運動も頻繁になる傾向が観察された。そのため、本実験は、被験者の負担を軽減することを優先し、測定時間の短縮をめざした。

被験者は下胸囲に心拍計(Polar Heart Rate Monitor S810™, Polar社)を直接装着し、綿100%メリヤスのランニングシャツを着用した状態で、定位置に固定した車イスに座り安静状態で待機した。なお、被験者には開始1時間前から飲食と激しい運動を禁止した。

介助者は、日常的に被験者の更衣介助を行っている母親とし、被験者の脇で椅子に座って待機した。被験者の安静状態における待機時間は特に定めず、被験者の心拍数が安定し1分経過した時点で測定開始とし、R-R間隔で椅座安静時の心拍数の測定を行った。測定開始後3分の時点で着衣開始点とし、介助者は着衣開始の合図とともに立ち上がり、被験者を座らせたまま介助を行った。着衣方法は、被験者が日常的に行う方法とし、頭、左手、右手の順に通し整容した。介助者はあらかじめ全ての試験着について着衣の練習をし、測定を行った。着衣動作終了後、再び被験者と介助者は安静状態を保ち、3分経過した時点で測定を終了した。測定終了後20分間休憩し、休憩終了後は被験者の心拍数が安定したことを確認した上で、同じ手順で残り2種類の試験着について順に測定を行い、これを3回繰り返した。なお、被験者の負担を軽減するため、呼吸統制は行わなかった。

さらに、各試験着の心拍計測終了後、試験着の着衣のしやすさについて健常者と同様に官能検査を行い、被験者が日常生活で着衣している同種の衣服を基準に5段階尺度で評価した。

4) 解析方法

R-R間隔の心拍データは、健常者と同様に解析し、各試験着について着衣前と着衣後の変化を経時的に比較しWilcoxonの符号付順位検定を行った。

さらに、修正を加えた効果が着衣動作に与える影響をみるため、着衣後1分の時点で試験着間のLF/HF、LF/TP、HF/TPを比較し、Kruskal-Wallis H検定を行った。

3. 結果と考察

(1) 安静時における被験者のHRVスペクトル解析
 表3は本事例の被験者である健常者と脳性マヒ患者について、安静時のHRVを求めHRVスペクトル解析を行い比較したものである。HRVスペクトル解析の指標は、年齢、性別によって異なることが報告されているが(奥田等2002)、個人差も大きいことがわかっている。この点を考慮した上で、本事例である脳性マヒの男性についてみると、LF/HFとLF/TPが健常者女性よりも大きく、HF/TPは小さいことが観察された。

(2) 健常者による着衣時の負荷の評価とHRVスペクトル解析の関係

5人の着用者が2種類の試験着について官能検査で着やすさを評価した結果は、伸縮性が大きい編布試験着の平均値は3.8、織布試験着は2.6で、編布試験着の着やすさが認められた。

表3. 安静時における HRV スペクトル解析の比較

	健常者 (n=5)	脳性マヒ患者
性別	女性	男性
年齢 (歳)	21~23	18
LF/HF	2.86 (2.55)	6.77 (3.89)
LF/TP* ¹	0.60 (0.24)	0.84 (0.06)
HF/TP* ²	0.40 (0.24)* ³	0.16 (0.06)

*¹全パワーに対する LF 値の割合. *²全パワーに対する HF 値の割合. *³ () 内は SD を示す.

この結果を HRV スペクトル解析の結果 (図3) と照らし合わせると、編布試験着・織布試験着とも着衣後1分の LF/HF と LF/TP は上昇し ($p<0.01$), HF/TP は低下することが観察された ($p<0.01$). LF/HF を交感神経の指標, HF/TP を副交感神経の指標とすれば (Oida *et al.* 1997; 稲光等 2000; 吉武 2003), 着衣時に運動の影響を強く受け緊張感が強い場合は LF/HF が高く, 反対に安静な状態では HF/TP が高いと考えられる (松平等 1999). したがって, 着衣後1分において LF/HF の上昇と, HF/TP の低下が顕著であった織布試験着は着にくい衣服であり, 編布試験着に比べ身体的にも精神的にもストレスが大きく, 官能検査の結果とも一致がみられた. 以上の結果より, HRV スペクトル解析は, 着用者が感じる着衣時の身体的・精神的負担を数値化し評価する上で有効であることが確認された.

(3) 脳性マヒ患者による着衣時の負荷の評価

1) 着衣のしやすさについての官能検査

被験者は, 日常生活で着用している長袖 T シャツの着にくさを基準に, 各試験着についての着やすさを官能検査によって評価した. その結果, 試験着 A は, 通常着用している長袖 T シャツと同じくらい着にくかったことから, 評価は「どちらでもない」(3.0)であったが, 他と比べて評価が低かったため, 今回の実験では着にくい服として設定した. 最も着やすいと評価されたのは, 袖から脇にかけてマチを付けた試験着 B (4.0) で, 背中にファスナーを付けた試験着 C (3.7) がそれに次いだ.

2) 着衣動作が脳性マヒ患者の HRV に与える影響

図4は3種類の中では着にくいと評価された試験着 A と, 着やすいと評価された試験着 B を比較し, さらに試験着 C の HRV スペクトル解析の結果を示したものである.

まず, 官能検査の結果で試験着 A の HRV スペク

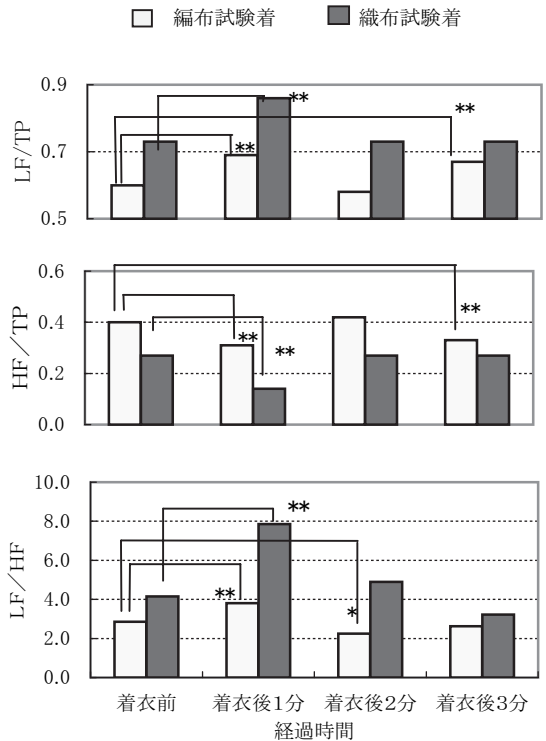


図3. 健常者の着衣動作における HRV スペクトル解析指標ごとに着衣前と着衣後1分, 2分, 3分の値を比較し, Wilcoxon の符号付き順位検定を行った. * $p<0.05$ ** $p<0.01$.

トル解析の結果は (図4), 交感神経の活動を反映する LF/HF が他の試験着よりも高い傾向にあり, 特に着衣後1分において高い値を示した. 着衣後1分における3種類の試験着間の LF/HF は, Kruskal-Wallis H 検定により有意な差が認められたことから ($\chi^2=15.61$, $df=2$, $p<0.01$), 試験着 A は着衣時に動作の影響を強く受け, 交感神経の働きが活発で身体的負担の大きいことがわかった.

次に, 副交感神経の活動の指標となる HF/TP については, 着衣後の試験着 A の値は, 試験着 B・試験着 C に比べ全体に低い傾向にあり, 着衣後1分で特に低い値を示した. 着衣後1分における3試験着間の HF/TP には有意な差が認められたことから ($\chi^2=15.31$, $df=2$, $p<0.01$), 試験着 A は副交感神経の活動が抑制されており, 精神的なストレスも大きい状態にあると考察された. それに対し着やすいと評価された試験着 B は, 試験着 A に比べ着衣後の LF/HF が低く HF/TP が高かったことから, 着衣動作による身

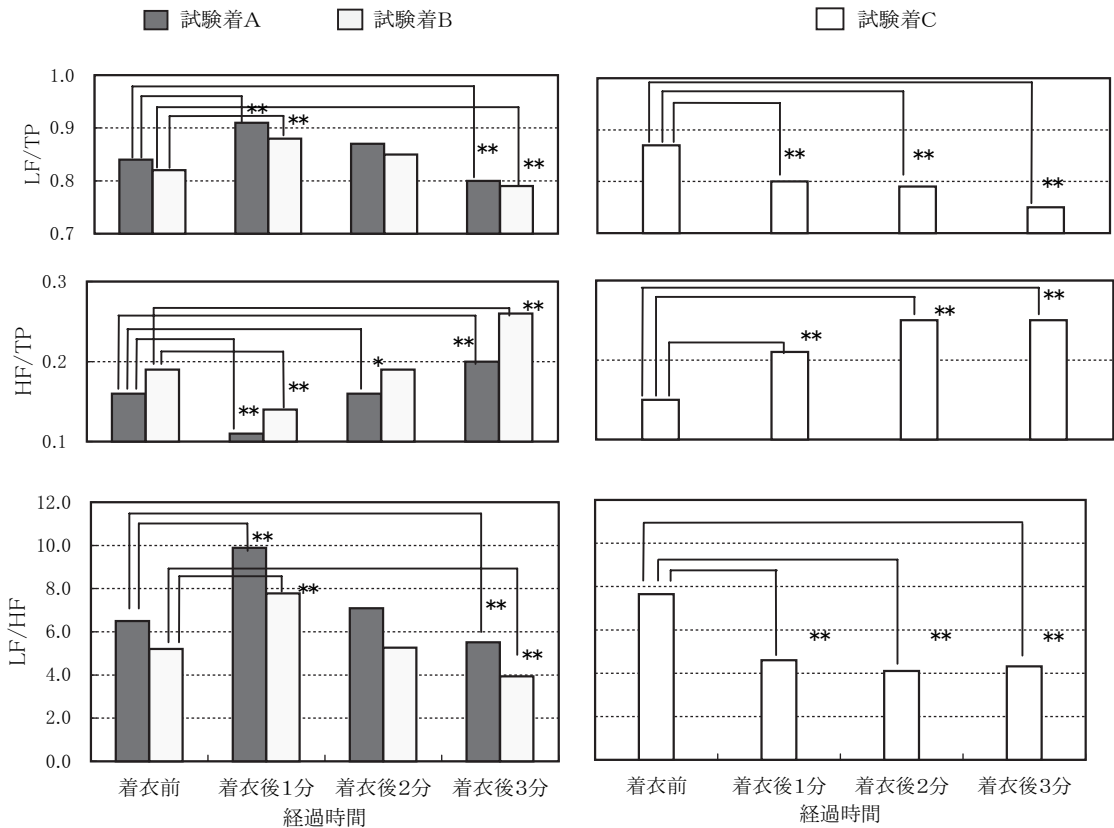


図4. 脳性マヒ患者の着衣時における HRV スペクトル解析

試験着 A, B, C について、指標ごとに着衣前と着衣後 1 分、2 分、3 分の値を比較し、Wilcoxon の符号付き順位検定を行った。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。着にくいと評価された試験着 A と着やすいと評価された試験着 B を比較し、さらに傾向の異なる試験着 C の結果を示した。

体的・精神的負担は少ないと考察された。これは、試験着 B に加えられた修正によるものと考えられた。

一方、試験着 C は、LF/HF が着衣前から高い値を示し、着衣後は着衣後 1 分からすでに低下がみられ ($p < 0.01$)、着衣後 2 分以降も LF/HF は他の試験着よりも低い傾向を示した。また、副交感神経の活動を反映する HF/TP は、試験着 A・試験着 B の変動とは反対に、着衣後 1 分からすぐに HF/TP の上昇がみられ ($p < 0.01$)、HF/TP は全体に高い傾向を示した。この理由としては被験者の心理的動揺、たとえば以前にファスナーに挟まれた経験からくる苦手意識などが、着衣前の緊張感を高め HF/TP を低くし、着衣終了に精神的にリラックスしたことが、HF/TP の上昇に起因したと考えられた。ただし、試験着 C の LF/HF は、試験着 A・B と比べ着衣直後に低い値を示していたこ

とから、試験着 C は被験者にとって着やすい服であり、生理的な負担が少なかったと考察され、これは修正の効果に起因するものと考えられた。

脳性マヒの子ども達を対象とした HRV の研究では、仰向けに寝た状態と頭を起こした状態で HRV を測定し、静的なストレスに対する自律神経の働きを分析することが行われているが (Eun *et al.* 2002 ; Yang *et al.* 2002)、これらの研究の結果では、健常者は頭を上げた状態で LF/HF の上昇と HF/TP の減少がみられたのに対し、脳性マヒの患者はそのような反応がみられないことが報告されている。これは脳性マヒ患者の交感神経と副交感神経の活動バランスの欠如に起因するものと考察されているが、本研究のように着衣動作という運動を含む大きなストレスがある条件下では、試験着 A と B の着衣動作時における脳性マヒ患者の

HRV は、健常者の着衣時の HRV と同じような傾向を示した。また、試験着 A が着にくく試験着 B が着やすいという官能評価は、HRV の上にも反映されており、LF/HF、HF/TP の変動には一般的な解釈が成立した。1 事例ではあるが、これらの結果より、脳性マヒ患者が着衣動作を行うときに感じる身体的・精神的負担測定に、HRV スペクトル解析を用いることの可能性が示唆された。

4. まとめ

(1) 健常者を対象に、着衣動作が身体的・精神的負担におよぼす影響を、伸長力が大きく着やすい編布試験着とゆとり量がなく着にくい織布試験着を用いて実験し、HRV スペクトル解析による評価の有効性を検討した。その結果、健常者では、いずれの試験着も着衣後 1 分の時点で、交感神経の活動を反映する LF/HF が上昇し、副交感神経の働きを反映する HF/TP の低下が確認された。この傾向は、織布試験着を着用したときに顕著であったことから、着にくい服は、着衣時の身体への負荷が大きいため LF/HF が上昇し、その反対に HF/TP は低下すると考察された。これより、衣服の着やすさは HRV スペクトル解析において、LF/HF と HF/TP の変動を指標とすることが有効であるといえた。

(2) 脳性マヒ患者は、修正を加えない試験着 A に着にくさを感じており、官能検査の評価は 3 試験着の中では低かった。それぞれの試験着について、着衣時の HRV スペクトル解析を行った結果、修正を加えない試験着 A は、修正を加えた試験着 B・C に比べ、着衣後 1 分に LF/HF が上昇し、HF/TP は低下した。これは、健常者にとって着にくい服の HRV スペクトル解析の傾向と一致しており、試験着 B の方が着衣動作における身体的・精神的負担が少ないためと考えられた。したがって、本事例については、脳性マヒ患者の場合も着衣動作が与える身体的・精神的負担は、HRV スペクトル解析によって評価することが有効であるといえた。また、衣服に適切な修正を加えることによって、身体的・精神的負担は軽減されることが示唆された。

本研究で用いた R-R 間隔の測定は、被験者の負担が少なく測定操作も容易であるため、脳性マヒ患者を対象とした生理的負担を測定する方法として適したものと考える。また、これによって、運動機能に障害のある人が着衣をするときの困難さを数値化することが

可能となれば、健常者が理解しにくい障害による着衣の困難さについて、理解を深める上で有効であると考えた。たとえば、今回の実験結果では、健常者にとっては何でもない長袖 T シャツの着衣が、脳性マヒ患者にとっては非常に困難であり、それは健常者が伸縮性のない織布試験着を着用するときを感じる負担と同じように大きいことが示唆された。今後は実験の精度を上げることを課題とし、測定条件の設定を十分検討するとともに、脳性マヒ患者を対象とした事例数を増やしていきたい。

最後に、本研究の主旨に理解を示しご協力くださった被験者の方々に、心から感謝申し上げます。

引用文献

- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Berger, A. C., and Cohen, R. J. (1981) Power Spectrum Analysis of Heart Rate Fluctuation: A Quantitative Probe of Beat-to-Beat Cardiovascular Control. *Science*, **10**, 220-222
- Baillard, C., Vivien, B., Mansier, P., Mangin, L., Jasson, S., Riou, B., and Swynghedauw, B. (2002) Brain Death Assessment Using Instant Spectral Analysis of Heart Rate Variability. *Crit. Care Med.*, **30**, 306-310
- Eun, S. P., Chang-il, P., Sung-Rae, C., Jeong-Whan, L., and Eun, J. K. (2002) Assessment of Autonomic Nervous System with Analysis of Heart Rate Variability in Children with Spastic Cerebral Palsy. *Yonsei Medical Journal*, **43**, 65-72
- Hanna, B. D., Nelson, M. N., White-Traut, R. C., Silvestri, J. M., Vasan, U., Rey, P. M., Patel, M. K., and Comiskey, E. (2000) Heart Rate Variability in Preterm Brain-Injured and Very-Low-Birth-Weight Infants. *Biol. Neonate*, **77**, 147-155
- 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**, 244-250
- 片岡秋子, 北川裕子, 渡邊憲子, 榊原久孝 (2000) 足部マッサージと腹式呼吸併用の生理的効果, 日本看護医療学会雑誌, **2**, 17-24
- 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. *J. Gerontol. Med. Sci.*, **56**, 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, 織物雑誌, **40**, 115-119
- 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**, 67-74
- Nagai, N., Matsumoto, T., Kita, H., and Moritani, T. (2003) Autonomic Nervous System Activity and the State and Development of Obesity in Japanese School Children, *Obes. Res.*, **11**, 25-32
- Oida, E., Moritani, T., and Yamori, Y. (1997) Tone-Entropy Analysis on Cardiac Recovery after Dynamic Exercise, *J. Appl. Physiol.*, **82**, 1794-1801
- 奥田忠行, 佐藤 啓, 大角誠治, 関根道和, 北島 勲 (2002) 健常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
- 佐藤貴美枝 (2003) 『やさしいベーシックスタイルニットソーイング』, (株)雄鶏社, 18-21
- 清水祐子, 佐藤みつ子, 永澤悦伸, 小森貞嘉 (2001) 仰臥位足浴による心臓自律神経活動の変化: 若年健康女性を対象に, *山梨医大紀要*, **18**, 31-34
- 雙田珠己, 鳴海多恵子 (2003) 運動機能に障害がある人の着脱動作の分析と既製服の修正方法の検討, *東京学芸大学紀要第6部門技術, 家政, 環境教育*, **55**, 65-71
- 荘司洋文, 三代冬彦, 山下憲昭, 河津徳敏, 内田 稔, 三ツ林裕巳, 河村 博 (2000) 心拍変動スペクトル解析による抜歯の自律神経活動に及ぼす影響, *日本臨床生理学会誌*, **30**, 23-25
- Yang, T. F., Chan, R. C., Kao, C. L., Chiu, J. W., Liu, T. J., Kao, N. T., and Kuo, T. B. J. (2002) Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability for Cerebral Palsy Patients, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, **81**, 350-354
- Yang, T. F., Chan, R. C., Liao, S. F., Chuang, T. Y., and Liu, T. J. (1997) Electrophysiologic Evaluation of Autonomic Function in Cerebral Palsy, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, **76**, 458-461
- 吉武康栄 (2003) 生体信号処理のレシピ, *大分看護科学研究*, **4**, 27-32