

ティルトテーブルによる体位変換時の 循環・自律神経系の変動

山本 裕暉・上田 真規
大下 剛志・松成 諒

目 次

要旨	50
I. はじめに	51
II. 実験方法	51
III. 結果	53
IV. 考察	58

要旨

健常者では何事もなく日常行われる体位変換動作が、脳血管障害や頸髄損傷においては起立性低血圧などの調節異常を引き起こす。血圧変動を評価するだけでなく簡便かつ有効な手段で自律神経機能を評価することができれば起立性低血圧のリスクをより管理できるのではないかと考えられる。本研究は、立位訓練時の起立性低血圧のリスク回避のためのウェアラブル機器の有用性を探る目的で、小型の自律神経・睡眠解析機器（SilmeeTM Bar type Lite）を用いて体位変換時の循環・自律神経系の変動を検討した。

対象者は健常人9名とし、ティルトテーブルにて安静臥位10分後、10分間受動立位を保つ。この間、循環系指標（血圧および脈拍）と自律神経指標（HF、LF/HF）を1分毎に測定した。30度立位では臥位に比べ、収縮期血圧、拡張期血圧、脈拍いずれも増大し、脈圧は減少した。70度立位では臥位に比べ拡張期血圧と脈拍が増大し、脈圧は減少した。臥位から70度立位に体位変換したとき、交感神経指標であるLF/HFは上昇した。臥位における自律神経指標には男女差がみられ、HFは女性が男性より高かった。

本研究の結果、健常者における体位変換時に、循環系の変動とともに自律神経系の明らかな変化が小型の自律神経・睡眠解析機器によって確認された。

キーワード：体位変換、自律神経系、ティルトテーブル

I. はじめに

私たちは日々の生活の中で様々な身体活動を行っている。中でも体位変換は日常何気なく行われる活動の一つである。健常者では何事もなく行われる体位変換動作が、脳血管障害患者や頸髄損傷患者においては、起立性低血圧などの心血管調節異常を引き起こすことは臨床現場でしばしば経験される場所である。脳血管障害急性期には、脳血流の自動調節が障害され、血圧の測定によるリスク管理が不可欠である。脳血流の調整機能は自律神経と密接に関係するとされており、血圧に加え、自律神経機能を評価することが望ましい¹⁾。しかし、自律神経活動の簡便な評価・測定機器がなく、一般的な評価とはなっていない。体位変換における血圧測定によって起立性低血圧のリスク管理、評価をしているのが現状である。

起立性低血圧の診断指標として、日本循環器学会では「仰臥位または座位から立位への体位変換にともない、起立3分以内に収縮期血圧が20mmHg以上低下するか、または収縮期血圧の絶対値が90mmHg未満に低下、あるいは拡張期血圧の10mmHg以上の低下が認められた際に起立性低血圧と診断する」としている²⁾。

血圧変動を評価するだけでなく簡便かつ有効な手段で自律神経機能を評価することができれば起立性低血圧のリスクをより管理できるのではないかと考えられる。最近、小型の心電位計をゲルパッドで人体に貼り付け、心拍および姿勢変換における動きを感知することができる小型でウェアラブルな装置が開発され、心拍の揺らぎから交感神経・副交感神経活動を解析できる簡便な手法が提供された³⁾。

本研究は、立位訓練時の患者の起立性低血圧のリスク回避のためにウェアラブル機器が有用である可能性を探る目的で、小型の自律神経・睡眠解析機器 (SilmeTM Bar type Lite) を用いて健常人におけるティルトテーブルによる体位変換時の循環・自律神経系の変動を検討した。

II. 実験方法

1. 対象者

対象者は本研究の趣旨を理解した上で同意を得た健常人9名とし、うち男性5名(年齢 21.4 ± 0.5 歳、身長 168.8 ± 2.0 cm、体重 61.4 ± 3.9 kg、BMI 21.6 ± 1.4)、女性4名(年齢 21.0 ± 0.0 歳、身長 159.1 ± 3.0 cm、体重 54.7 ± 7.0 kg、BMI $21.5 \pm$

2.2) であった。喫煙者はいなかった。なお、対象者には研究目的と内容を説明し、さらに結果の取り扱いについては個人を特定しないように配慮する旨を説明し、同意を得た。

本研究は神戸国際大学倫理委員会の承認のもとに行った。

2. 実験プロトコール

被験者はティルトテーブルにて安静臥位 10 分後、30 度または 70 度立位に体位変換（ヘッドアップティルト）し、10 分間受動立位を保つ（図 1）。この間、被験者に対して右手に血圧計（オムロン電子血圧計 HEM-7200 上腕式、オムロンヘルスケア）を装着し、血圧および脈拍を 1 分毎に測定した。また、鎖骨下 2～3 cm に自律神経・睡眠解析機器（Silmee™ Bar type Lite、東芝、以下 Silmee）を貼り付けて自律神経指標を測定した。Silmee は心電位にて測定し

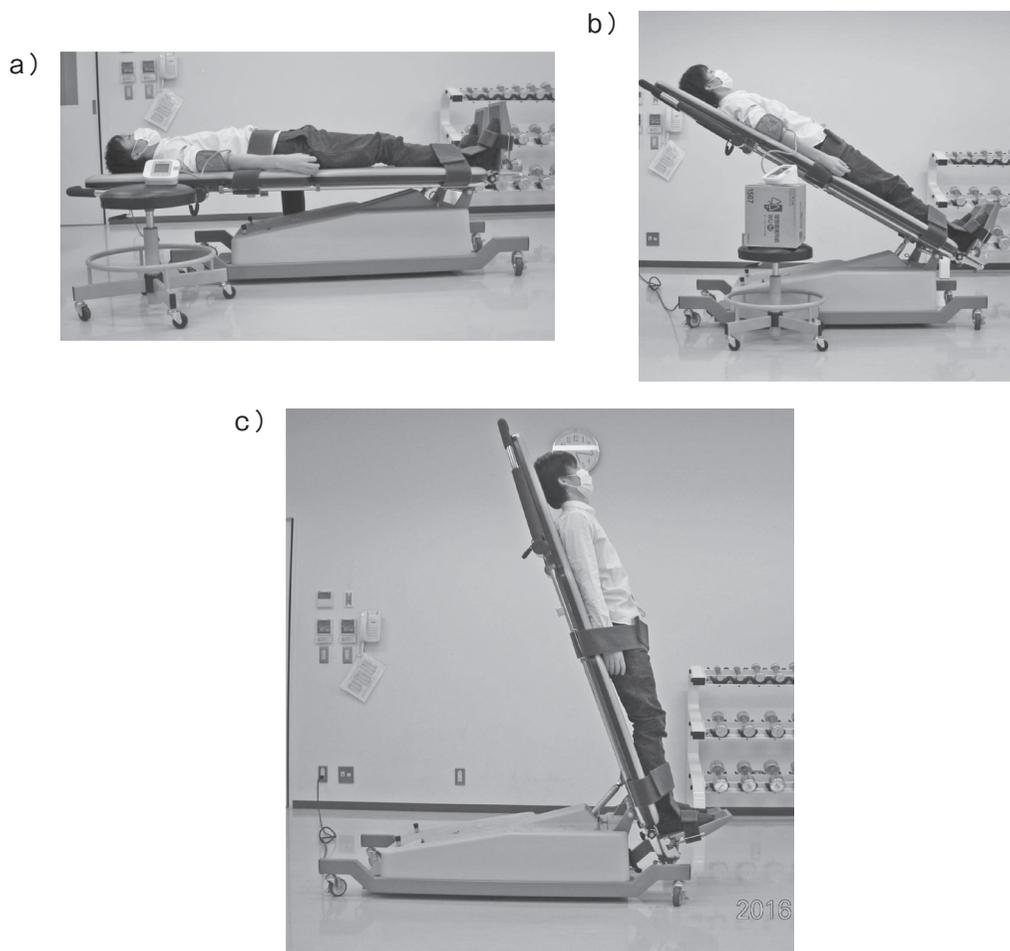


図 1. ティルトテーブルによる体位変換
a) 臥位、b) 30 度立位、c) 70 度立位。

た心拍変動から、1分毎の Low Frequency 成分 (LF) と High Frequency 成分 (HF)、および LF/HF、心拍数、体位を出力する。HF を副交感神経活動指標、LF/HF を交感神経活動指標とした。血圧、脈拍および自律神経指標について、安静臥位後 2～7 分、体位変換後 1～6 分間のデータの平均値を使用した。

測定は室温約 25℃ の環境下で、8 月～9 月の間に施行した。

3. データ

実験結果については Wilcoxon 検定および Mann-Whitney の U 検定を用いて統計処理し比較した。有意水準は 5 % 未満の危険率で判定した。

Ⅲ. 結果

1. 血圧、脈拍および自律神経指標の時間的変化

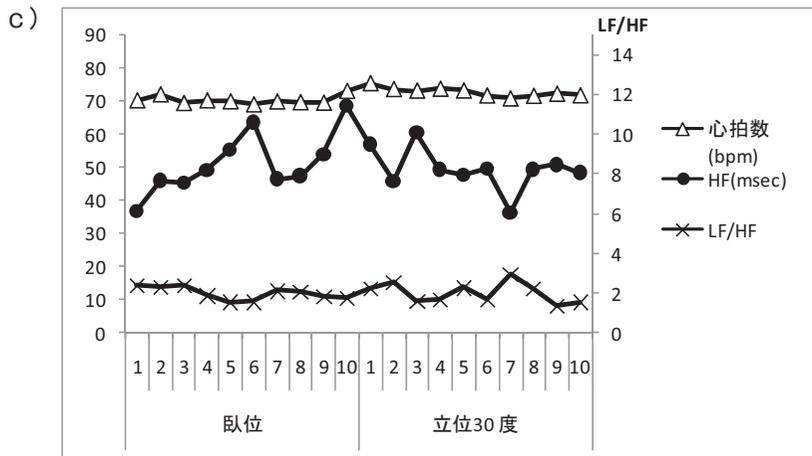
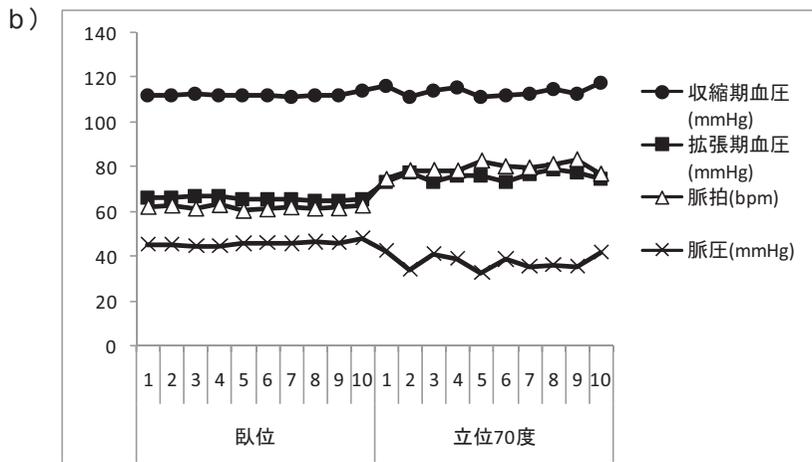
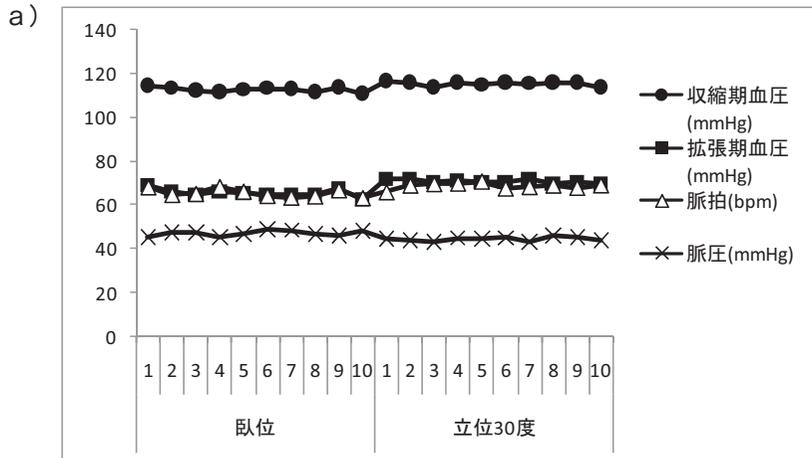
30 度体位変換および 70 度体位変換時の血圧計および自律神経指標の変動の時間的経過を図 2 に示す。ティルトテーブルによる体位変換を境に脈拍数、血圧および HF、LF/HF の変化が見て取れる。70 度立位では脈拍数および拡張期血圧の上昇と脈圧の減少がより顕著であった。また、副交感神経活動の指標である HF が低下し、交感神経活動の指標である LF/HF が上昇した。

2. 臥位から立位への変換における循環器系指標の変動

図 3 は臥位から立位への変換における血圧と脈拍の変動について示したものである。30 度立位では臥位に比べ、収縮期血圧、拡張期血圧、脈拍いずれも増大し、脈圧は減少した ($p < 0.05$) (図 3 a)。70 度立位では臥位に比べ拡張期血圧と脈拍が増大し、脈圧は減少した ($p < 0.05$) が、収縮期血圧には有意差がなかった (図 3 b)。

3. 臥位から立位への変換における自律神経系指標の変動

図 4 a に見られるように、臥位から 30 度立位に体位変換したとき、副交感神経指標である HF、交感神経指標である LF/HF のいずれも有意な変化は見られなかった。臥位から 70 度立位に体位変換したとき、交感神経指標である LF/HF は上昇した ($p < 0.05$)。



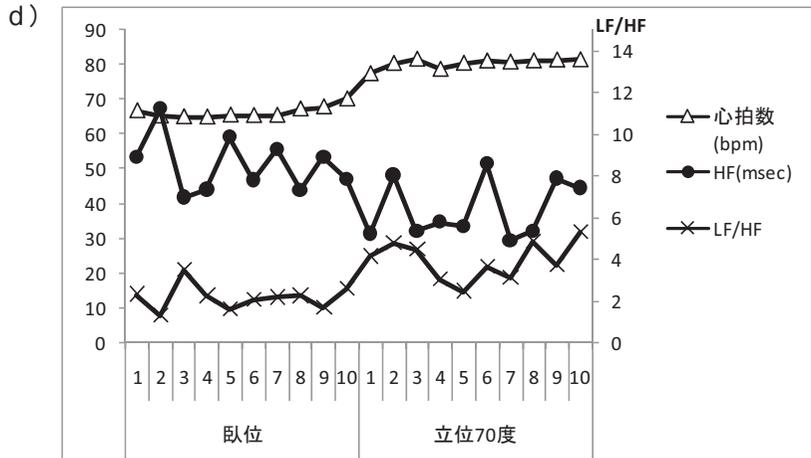


図2. 血圧、脈拍および自律神経指標の時間的变化

臥位から立位に変化させたときの循環系および自律神経系指標の時間的変動 (n=9) を示す。横軸は経過時間 (分)。a : ティルトテーブル角度 30 度の循環系指標の変化、b : ティルトテーブル角度 70 度の循環系指標の変化、c : ティルトテーブル角度 30 度の自律神経系指標の変化、d : ティルトテーブル角度 70 度の自律神経系指標の変化。

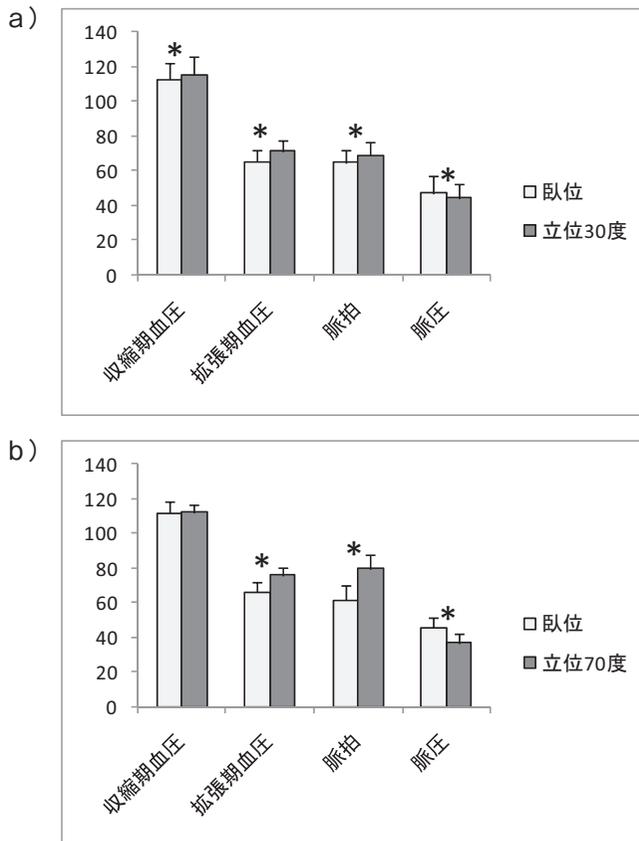


図3. 臥位から立位への体位変換による循環器系指標の変化 (n=9)

a : ティルトテーブル角度 30 度、b : ティルトテーブル角度 70 度。
 収縮期血圧・拡張期血圧・脈圧 : mmHg、脈拍 : bpm。* : p < 0.05。

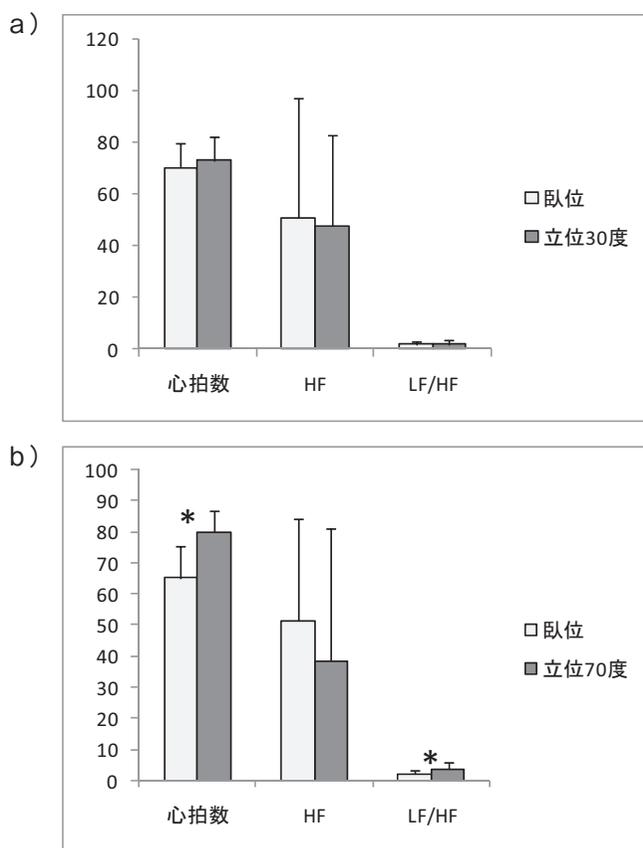


図4. 臥位から立位への体位変換による自律神経系指標の変化 (n=9)

a : ティルトテーブル角度30度、b : ティルトテーブル角度70度。

心拍数 : bpm、HF : msec。* : $p < 0.05$ 。

4. 体位変換角度 (30度と70度) の比較

70度立位による脈拍、脈圧の変化量 (%) は30度立位の際の各々の変化量 (%) よりも大きかったが、収縮期血圧、拡張期血圧には有意差が見られなかった (図5 a)。自律神経指標についてはHF、LF/HFとも30度と70度の間に変化量の差は見られなかった (図5 b)。

5. 男女差について

図6 aに示した通り、臥位における収縮期血圧、拡張期血圧、脈拍、脈圧には男女間に差は見られなかった。しかし、図6 bに見られるように、臥位における自律神経指標には男女差がみられた。すなわち、副交感神経活動の指標であるHFは女性が男性より有意に高かった ($p < 0.05$)。交感神経活動の指標であるLF/HFは男性が高い傾向にあった。

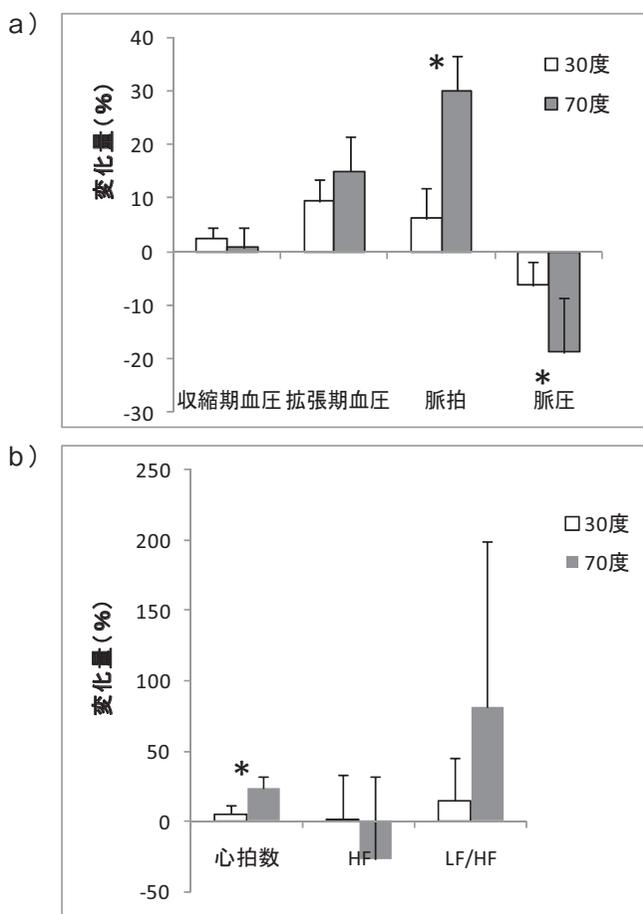


図5. 臥位から立位への変化量 (%) の30度と70度での比較

a : 循環器系指標、b : 自律神経系指標。臥位を100%としたときの臥位から立位への変化量を示した (n=9)。

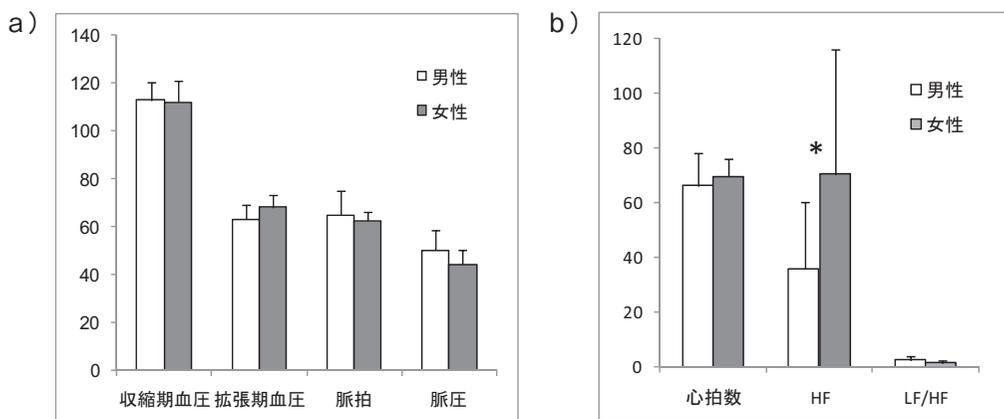


図6. 安静臥位における循環器系指標、自律神経系指標の男女差

a : 循環器系指標 (収縮期血圧・拡張期血圧・脈圧: mmHg、脈拍: bpm)。

b : 自律神経系指標 (心拍数: bpm、HF: msec)。男性 (n=5)、女性 (n=4)。* : p<0.05。

IV. 考察

起立性低血圧は臨床現場でしばしば経験される場所である。血管障害などでは心血管調節異常のため、坐位や起立位をとると、重力により下肢および体幹へ血液が貯留して脳虚血状態となり、眩暈、耳鳴り、失神などの症状が発現する場合がある。起立性低血圧は患者の ADL を悪化させる因子の一つであり、その改善のために、一般にできるだけ早期からの体位変換、ギャッジベッドでの座位訓練、またティルトテーブルを用いての起立訓練（ヘッドアップティルト法）などが行われている。

ヘッドアップティルト法は、起立性低血圧症状のある患者にティルトテーブルを徐々に上げて起立姿勢に徐々に慣らしてゆく効果を狙うものであるが、ティルトテーブル訓練は低血圧症状に対する不快感・不安感が強く、患者にとって身体的・心理的負担が大きい。

ティルトテーブル訓練時の患者の症状を把握し、起立性低血圧のリスクを回避するために、現在、血圧および脈拍（心拍）測定が用いられている²⁾。循環器系の変動は、自律神経系の支配下にあり、かつ自律神経系に影響を及ぼす。したがって血圧・脈拍だけでなく自律神経の機能を同時にとらえることができれば、訓練時の患者の状態をより正確に把握できると考えられる。

今回の私たちの実験から、30度、70度ヘッドアップティルトによる循環器系の変化が明らかになった。すなわち、ヘッドアップティルト（30度、70度とも）により脈拍が増大し、拡張期血圧が上昇し、脈圧が減少した（図2 a bおよび図3）。収縮期血圧はヘッドアップ角度30度の場合は上昇したが、70度の場合は変化が見られなかった。拡張期血圧の上昇は血管が収縮し末梢血管抵抗が上がったためと考えられ、一方で、脈圧の著明な減少は静脈還流が減少したことによる1回拍出量の減少を反映していると考えられる。今回同時に測定した自律神経系指標では、70度立位で交感神経指標（LF/HF）の上昇がみられた（図4）。これらのことは健常人においてヘッドアップティルト時には、交感神経興奮による血圧、脈拍の調節が行われたことを示している。

男女差に関する結果については、安静臥位における循環系の指標（収縮期血圧、拡張期血圧、脈拍、脈圧）にはいずれも差が見られなかった（図6 a）。これに対して、自律神経系の指標では男女差が見られた（図6 b）。すなわち女性ではHFが有意に高く、男性に比べ副交感神経活動指標が高いという結果であった。自律神経活動の男女差に関しては、女性はLF/HFが男性より低く、HFが高い傾向にあるとする先行研究報告がある⁴⁾⁵⁾。また、男女差は無いとする報告

もある⁶⁾。本論文では自律神経指標とあわせて血圧および脈拍を同時測定し、安静臥位時において血圧および脈拍には男女差は無いにもかかわらず、副交感神経活動は女性が男性に比べて高いという結果を得た。しかし、今回は被験者数が男性5人、女性4人と少ないため、この点については今後例数を増やしてさらに検討する必要がある。

脳卒中患者では、臥位から起き上がりに際しての自律神経の変動は健常者とは異なるとの報告がある¹⁾。頸髄損傷者の起立性低血圧患者におけるヘッドアップティルト時の血圧変動について、頸髄損傷者は健常者と異なる循環反応を示し、心拍数の上昇が大きい一方で血圧は低下すると報告されている⁷⁾。起立訓練や起き上がり動作において生じる起立性低血圧を、起こる前に簡便に予測できればADLの向上に貢献できる。本研究で用いたSilmeeは従来型の心電計に比べ小型で、患者に負担感や拘束感がなく、動作の邪魔にならず自律神経バランスを解析できるという利点がある。今回は、健常者のみを被験者としたが、70度立位により有意にHF/LFが上昇するという結果を得た。Silmeeを用いた自律神経系の測定の有用性の評価には、今後、起立性低血圧患者における検討を重ねる必要がある。今回の研究がその基礎的資料となることを期待したい。

参考文献

- 1) 志村政明, 中村拓人, 寺田一郎, 塚本 彰. 脳卒中後の自律神経の働きについて. みんなの理学療法 23 : 92-94, 2011.
- 2) 失神の診断・治療ガイドライン Guidelines for Diagnosis and Treatment of Syncope (JCS 2007) p1,054 Circulation Journal 71 (Suppl. IV) : 1054, 2007
- 3) 東芝(株)ホームページより http://www.toshiba.co.jp/healthcare/Silmee/index_j.htm
- 4) Mellingsæter MR, Wyller VB, Wyller TB, Ranhoff AH. Gender differences in orthostatic tolerance in the elderly. Aging Clin Exp Res 25 : 659-65, 2013.
- 5) Abhishekh HA, Nisarga P, KisanR, Meghana A, Chandran S, Raju T, Sathyaprabha TN. Influence of age and gender on autonomic regulation of heart. J Clin Monit Comput 27 : 259-64, 2013.
- 6) Fukuba Y, Sato H, Sakiyama T, Yamaoka Endo M, Yamada M, Ueoka H, Koga S. Autonomic nervous activities assessed by heart rate variability in pre- and post-adolescent Japanese. J Physiol Anthropol 28 : 269-273, 2009.
- 7) 鈴木聡子, 山本昌明, 佐藤貴一, 牧野 均, 為替真史, 林 徹哉, 金子 實. 起立性低血圧に対する Tilt table 使用法の検討. 理学療法学 21 : 106, 1994.