

長時間静止立位における起立性低血圧防止法の開発 (1)

— 下肢の随意的筋収縮が心拍出量に及ぼす効果 —

Development of A Method for Preventing Orthostatic Hypotension
during Prolonged Static Standing (1)

— Effect of voluntary muscle contraction in the legs on cardiac output —

稲村欣作・間野忠明*・岩瀬 敏**・天岸祥光

Kinsaku INAMURA, Tadaaki MANO*,
Satoshi IWASE**, Yoshimitsu AMAGISHI

(Received Oct. 14, 1994)

I はじめに

ヒトが臥位から起立すると約500mlの血液が身体の下方に移動する¹⁾。長時間静止立位では、重力が働き続けるので、さらに血液の下降が引き起こされる。そのため、この血液下降を補償する交感神経性反応が十分に働かないと、起立性低血圧や失神を引き起こすことがある。著者らは、この血液下降に対する補償作用のひとつとして、血液貯留部の末梢血管自動収縮に由来する体液量変動1分波が、直立姿勢でみられる自然の身体動揺(姿勢動揺)のうちの約1分周期を持つ動揺にカップリングして働いていることをみいだした²⁾。スポーツ大会の開閉会式で、プラカード持ちの人が比較的多く「貧血」を引き起こすのは、プラカードを床に立てて自然の動揺を妨げているためと思われる。

このカップリングのメカニズムでは、身体が前方偏位した時に下腿ふくらはぎの筋ポンプが働く。また、後方偏位した時には腹部の筋収縮で腹腔の内圧上昇が起こり、それによるポンプが働く。通常、これらの筋収縮は不随的でそれほど強い収縮ではない。したがって、この筋収縮を随意的に強化すれば、体液量変動1分波の振幅を増幅し、補償効果を増大して起立性低血圧を防止することが可能である³⁾。

そこで著者らは、このカップリングを利用した随意的筋収縮による起立性低血圧防止法の開発をすることにした。この方法が完成すれば、健康人のみならず軽症の起立性低血圧症で悩む人にも役立てることができるとと思われる。本研究では、下肢の随意的筋収縮の方法とその心拍出量に対する効果を検討した。

II 方 法

1) 被験者

年齢18歳から22歳の健康な男子19名とした。

* 名古屋大学環境医学研究所 教授

** 名古屋大学環境医学研究所 助手

2) 実験条件

次の3条件で約30分間の静止立位保持をさせた。

基準条件： できるだけ動かないで直立姿勢を保つ。

実験条件A： 直立姿勢にて不随意的に起こる身体のゆっくりした前後動揺に併せて、身体が前方偏位した時に約10～20秒間、下腿後側の筋収縮を随意的に行う。

実験条件B： 直立姿勢にて不随意的に起こる身体のゆっくりした前後動揺に併せて、身体が後方偏位した時に約10～20秒間、下肢全体の筋収縮を随意的に行う。

3) 測定項目

これら3条件での静止立位保持の間に、次の項目を同時測定した。

足圧中心動揺：スタトキネシメトリー⁴⁾ (パテラ K-105S 又はアニマ G-1804S)

1回拍出量と心拍数及び心拍出量：インピーダンスプレチスモグラム法⁵⁾ (日本光電 AI-601G)

心電：3点誘導法 (日本光電 ZB-652PS)

下肢と腹部の筋放電：表面電極法 (日本光電 AM601-G)

足首から胸部までの身体周囲長：ラバーストレンゲージプレチスモグラム法⁶⁾

4) 分析方法

データは全てデータレコーダ (ソニーマグネスケール KS-616U、エヌエフ回路設計ブロック RP-882) に収録し、後日マイクロコンピュータ (エプソン PC-486HA) にて分析した。本研究では、19名の被験者のうち4名が基準条件にて起立性低血圧症状を引き起こし、実験を中止した。また、他1名のデータでは、データレコーダのテープトラブルにて一部データの欠損が生じた。これらのトラブルのため、14名のデータを分析することにした。また、本研究では、心拍出量と1回拍出量及び心拍数についてのみ分析した。

まず、インピーダンスプレチスモグラムの読み取りをコンピュータで行わせ、1回拍出量と心拍数及び心拍出量の瞬時データを1秒間隔で求めた。次に、測定開始から20分間のデータを5分毎に区切り、第1から第4区間とした。それぞれの区間で個人平均値を求め、それらをデータとして3条件間の平均差を対応のある分散分析にて統計検定した。また、個々の平均差については対応のあるtテストを行い、ライヤン法の名義水準により判定した。

III 結 果

各条件の第1区間から第4区間において求めた1回拍出量と心拍数及び心拍出量の平均と標準偏差を表1に示した。分散分析の結果、実験条件の平均差は心拍出量の第2区間においてのみ5%レベルで有意であった。その他の1回拍出量、心拍数、心拍出量は、すべての区間において、有意差を示さなかった。

条件Aの1回拍出量は基準条件の値からほとんど変化しなかったが、条件Bでは平均3.4mlの減少を示した。しかし、個々の平均差検定の結果、この変化は統計的有意差を示す程ではなかった。心拍数は、条件Aと条件Bともにほとんど変化しなかった。心拍出量は条件Aでは変化しなかったが、条件Bにて平均0.43lの減少を示した。分散分析でみいだした第2区間の心拍出量の有意差は、基準条件と条件Bとの差であり、5%レベルの有意差であった。

IV 考 察

本研究で設定した条件Aの随意的下腿筋収縮は、立位時の体液量変動1分波と姿勢動揺のカップリングのタイミングに合わせて筋ポンプ作用を強化する方法である。この方法は筋収縮のタイミングが合っているため、理論的にも体液量変動1分波を増幅する筈である²⁾。しかしながら実際のため

表1 1回拍出量と心拍出量及び心拍数の平均と標準偏差 (N=14)

Parameter	condition	period			
		first (0-5 min)	second (5-10 min)	third (10-15 min)	fourth (15-20 min)
stroke volume (ml)	control	53.9±13.6	53.0±11.1	52.4±10.5	50.8±10.7
	A	52.4± 9.3	52.8± 9.4	52.4± 9.4	51.9± 9.2
	B	49.4± 9.8	48.9± 9.3	48.9± 9.9	49.2± 9.7
heart rate (bpm)	control	82.7±11.0	83.9±10.0	81.0±11.2	78.3±15.6
	A	83.4±11.2	81.8±10.6	81.6±11.0	81.4±10.6
	B	82.3±11.8	80.4± 8.8	79.1±13.8	77.8±10.8
cardiac output (l)	control	4.36± 1.08	4.37± 1.11	4.12± 1.18	3.83± 1.58
	A	4.24± 0.87	4.19± 0.95	4.14± 1.00	4.08± 0.99
	B	3.87± 0.64	3.79± 0.62*	3.68± 1.04	3.64± 0.99

*：個々の平均差検定で、基準条件との間に5%レベルの有意差があったことを示す。

してみると、下腿ふくらはぎに注意を集中しないと収縮をコントロールしにくい方法と思われた。そこで、筋収縮のタイミングはカップリングの位相とは逆になるが、コントロールし易く、しかも下肢全体を収縮させるので効果があるだろうと思われる条件Bを設定した。

筋ポンプの効果は、体液量変動1分波の伝播により、まず1回拍出量に現れる筈である。条件Aの1回拍出量は下腿の筋ポンプ作用を強化しても、基準条件とほぼ同じであった。カップリングのメカニズムでは下腿と腹部の二つのポンプが作動する。そのことからみて、下肢の体液量変動1分波が増幅されても、腹部の体液量変動1分波にまで効果を及ぼさなかったものと思われる。一方、条件Bの1回拍出量は基準条件よりむしろ減少した。下肢全体の筋を収縮するので効果があるかと予測したが、筋収縮のタイミングがカップリングの位相と逆であるため、体液量変動1分波を打ち消してしまったものと思われる。

心拍出量は、1回拍出量と心拍数により決定する⁷⁾。1回拍出量の増減は血圧受容器を介して心拍数を変化させるが、条件Bにおいては1回拍出量の減少が閾値には達しなかったようで、心拍数に変化がみられなかった。結果的に、条件Aの心拍出量は変化せず、条件Bの心拍出量が1回拍出量の減少により減少したものと思われる。特に、第2区間では5%レベルの有意差を示した。

結論として、体液量変動1分波と姿勢動揺とのカップリングのタイミングに合わせた条件Aの下腿ふくらはぎ随意的筋収縮は、起立性低血圧防止に単独では役立たないと思われる。腹部のポンプ作用強化との連携が必要と思われる。また、条件Bのようなカップリングのタイミングに合わない方法は、かえって逆効果になる可能性があると思われる。

謝 辞

本研究は、平成4年度文部省科学研究費補助金、一般研究(C)、課題番号：04680122による補助金の交付を受けた。ここに感謝の意を表します。

文 献

- 1) Gauer, O.H. and Thron, H.L.: Postural changes in the circulation. In: Handbook of Physiology, W.H. Hamilton (Ed), Sect. 2, vol. III, chapt. 67, 2409-2439, Am Physiol. Soc., Washington (1965)

- 2) 稲村欣作、間野忠明、岩瀬 敏、天岸祥光、青木賢一：ヒトの静止立位時における身体動揺の1分波と下腿筋ポンプ作用、姿勢研究、11, 39-50 (1991)
- 3) 稲村欣作、間野忠明、岩瀬 敏、天岸祥光：継続的静止立位における起立性低血圧防止法—下腿の随意的筋収縮が体液量変動1分波に及ぼす効果—、静岡大学教養部研究報告（自然科学篇）、27, 35-40 (1992)
- 4) Kapteyn, T.S., Bles, W., Njiokiktjien, C.H.J., Kodde, L., Massen, C.H. and Mol, J.M.F.: Standardization in platform stabilometry being a part of posturography, *Agressologie*, 24, 321-326 (1983)
- 5) Kubicek, W.G., Patterson, R.P. and Witsoe, D.A.: Impedance cardiography as a noninvasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 170, 724-732 (1970)
- 6) Whitney, R.J.: The measurement of volume changes in human limbs, *J. Physiol. Lond.*, 121, 1-27 (1953)
- 7) Smith, J.J. and Kampine, J.P.: *Circulatory Physiology —the essentials*, third ed., Williams & Wilkins, Baltimore (1990)