

能動的静止立位時における 不随意的な身体動揺による筋ポンプ作用の役割

A Role of Muscle Pumping Evoked by Involuntary Body Sway during Active-Static Standing

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. 9, 1992)

I はじめに

ヒトの能動的静止立位では、不随意的な身体動揺による筋ポンプ作用が、下腿血液貯留部に発生する体液量変動1分波とカップリングして、胸部への静脈還流を促進する¹⁾²⁾著者らは前報にて、身体動揺の1分波にあわせて随意的下腿筋収縮を行うと、体液量変動1分波の振幅が増大し、1回心拍出量が増加することを報告した³⁾これは、その現象を応用すれば、長時間の直立不動を要する場合でも、重力によって引き起こされる起立性低血圧を防止することができることを意味する。

体液量変動1分波の作動機序には、末梢血管の自動収縮と交感神経性反応、および下肢と腹部の筋ポンプ作用が関与する⁴⁾特に、能動的静止立位時では、身体動揺による筋ポンプ作用が主要な役割を果たしていると思われる。そこで本研究では、能動的静止立位時と筋ポンプ作用を制限した受動的立位時における体液量変動1分波の振幅を測定した。本研究の目的は、それらの振幅の差から身体動揺による筋ポンプ作用が、立位時の血液分布調節にどの程度貢献しているかを明らかにすることである。

II 方 法

健康な男子5名(年齢18~19歳)に、約20分間の能動的立位保持(条件A)を行わせた。また、受動的立位として、壁によりかかった立位保持(条件B)を約20分間行わせた。その間、体液量変動の指標として身体各部位の周囲長の変動を、ラバーストレンゲージプレチスモグラム法により測定した。測定部位はふくらはぎ下から乳頭下までの13箇所とした。これらの被験者のうち2名については、インピーダンスプレチスモグラム法により心拍出量を測定した。さらに、健康な男子10名(年齢20~28歳)に *tilting bed* での受動的立位(条件C)を約20分間とらせ、同様の測定を行った。この測定では身体周囲長の測定部位を下肢の7箇所とした。

データ分析では、周波数分析により各データの1分波を検索し、デジタルフィルターにより10分間の1分波を抽出した。その後、1分波の波動の頂点と谷から平均振幅を求め比較検討した。ただ

* 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

し、条件Cでは被験者のうち6名が起立性低血圧症状を引き起こして実験を中止したので、分析したデータは4名分であった。各測定条件を図1に示す。

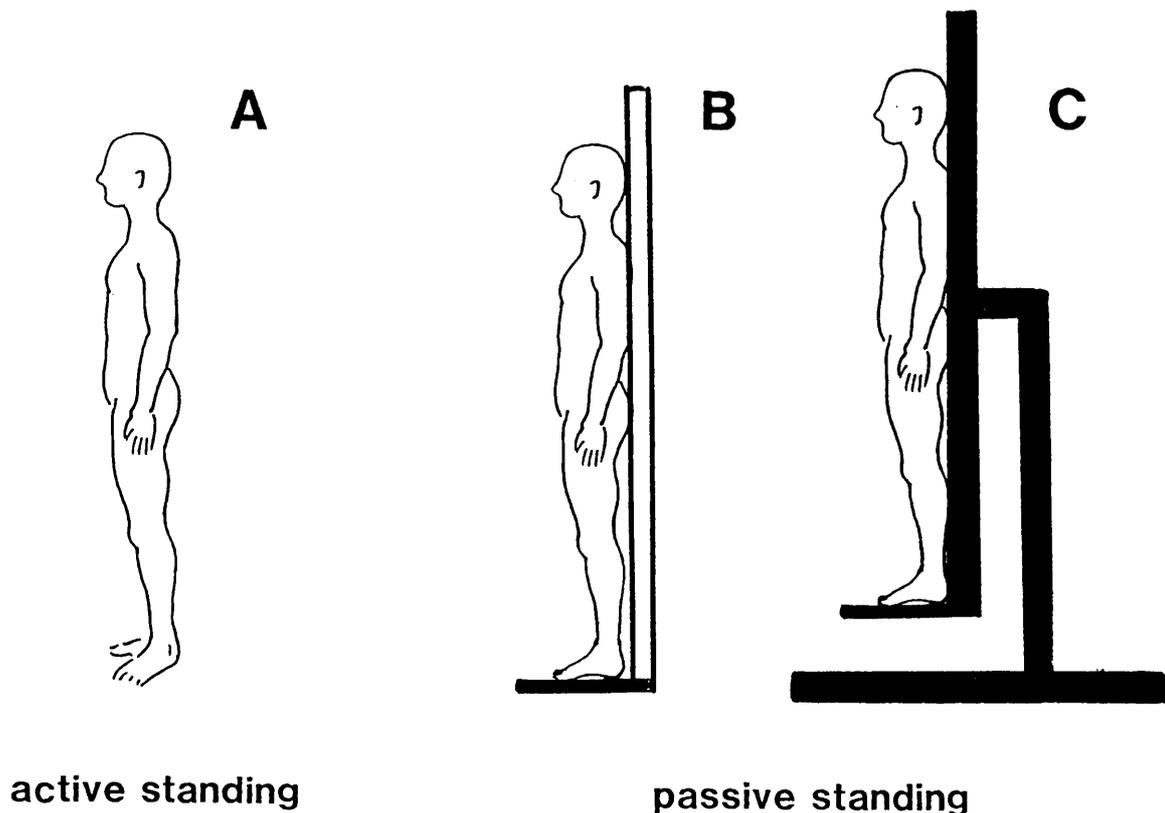


図1 測定条件：能動的立位の条件Aでは、2 m 前方の視標を見ながら直立姿勢で楽に立つ。受動的立位の条件Bでは、踵を壁から5～10cm 離して直立し、壁に軽くよりかかる。受動的立位の条件Cでは、まず tilting bed を水平位にしてその上で背臥位をとる。その後に tilting bed を垂直位にして直立姿勢をとる。

III 結果と考察

図2は、各測定条件における身体周囲長の平均振幅とその標準偏差を図示したものである。条件Bでは、条件Aに比べて、体液量変動1分波が発生する(1)ふくらはぎ下縁ヒラメ筋部と(10)腹部へそ上、および(5)大腿下部における振幅が変化しないか、あるいはわずかに増大した。しかし、他の部位における身体周囲長の平均振幅は、減少の傾向を示した。この結果は、1分波発生時の振幅は変化しないが、身体動揺による筋ポンプ作用が働かなくなるため、1分波の伝播力(パワー)が弱くなったことを示すと思われる。

傾斜角度90度の tilting bed で完全によりかかる条件Cでは、条件Bに比べてさらに、その振幅が小さい傾向を示した。この場合にも、体性感覚入力と静脈からの求心性入力によって律動的な筋収縮が引き起こされるので、体液量変動1分波にも筋ポンプ作用が働くことが明らかにされている⁵⁾。しかし、ふくらはぎ下縁ヒラメ筋部の振幅減少量が、条件Aにおける振幅の半分以上であることからみて、求心性入力からの筋ポンプ作用による効果は、身体動揺による筋ポンプ作用より小さいものと思われる。そのことはすなわち、能動的立位では身体動揺による筋ポンプ作用が、他の由来による作用より体液量変動1分波に対して大きな役割を果たしていることを示していると思われる。さらに条件Cでは、10名の被験者のうち6名が、測定開始数分後に、血管迷走神経反射性とみられる起立性低血圧症状を引き起こし、実験を中止した。このことも、身体動揺による筋ポンプ作用の役割の重要性を示していると思われる。

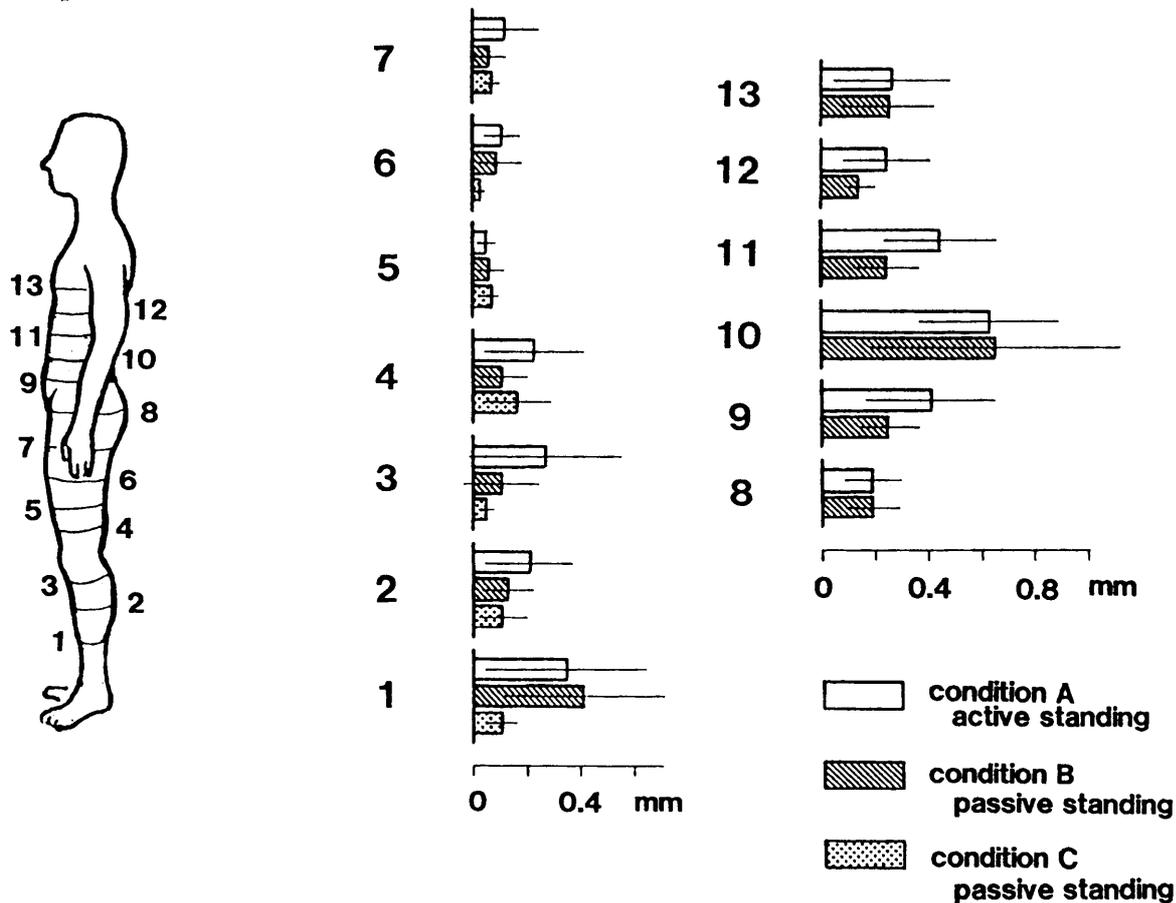


図2 各測定条件における身体周囲長の平均振幅と標準偏差： 棒グラフは平均値を示し、水平線は±1標準偏差を示す。受動的立位における体液量変動1分波の振幅は、能動的立位のそれらより小さい傾向を示した。(条件AとBは、N=5、条件Cは、N=4)

図3は、条件AとBにおけるインピーダンスプレチスモグラフの結果を示したものである。条件Aの能動的立位では、1回拍出量は減少したが、心拍数が増加したため、心拍出量には変化がみられなかった。これは、血圧受容器の減弱反射から引き起こされる交感神経性反応によって心拍数が増加した結果、心拍出量が一定に保たれたためと思われる。能動的立位において重力により下肢に貯留する血液は、身体動揺による筋ポンプ作用と交感神経性反応の両者により心臓まで還流されていると思われる。

一方、条件Bでは条件Aに比べ、1回拍出量の減少がより多く、心拍数の増加もより少なかったため、心拍出量が10分後には大きく減少した。条件Bでは、壁によりかかった姿勢のために身体動揺による下腿の筋ポンプが働かず静脈還流が減少し、心拍出量も減少したためと思われる。心拍数が能動的立位ほど増加しなかったのは、能動的立位では中枢性に交感神経の賦活化が行われているのに対し、受動的立位では、それが十分ではないためと思われる。

以上の結果から、能動的立位における身体動揺による筋ポンプ作用は、その時の血液分布調節に重要な役割を担っていると思われる。また本研究の結果については、今後、例数を増加して統計処理により確認をする必要があると思われる。

文 献

1) Inamura, K., Mano, T., Iwase, S., Amagishi, Y. and Aoki, K.: Fluctuation of body sway which has about 1 minute period and muscle pumping in the lower legs during static standing in humans. In: ICNF '91, Proceeding of the International Conference on Noise in

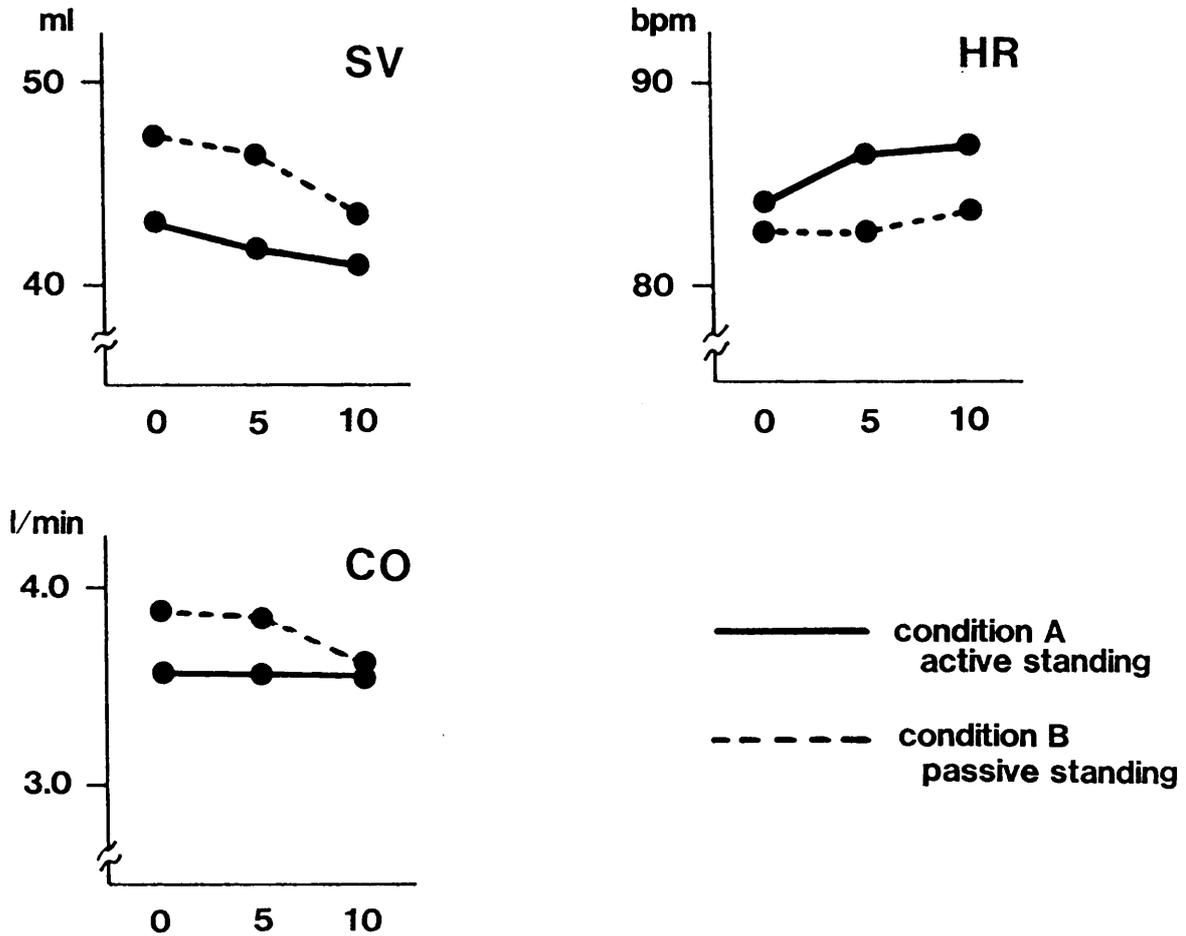


図3 能動的立位と受動的立位における心拍出量：SVは1回心拍出量、HRは心拍数、COは心拍出量を示す。グラフに示した値は2名の平均値である。能動的立位では心拍数の増加により、心拍出量がほぼ維持されたが、受動的立位では心拍出量が減少した。

Physical Systems and 1/f Fluctuations, Eds. T. Mushya, S. Sato and M. Yamamoto, Ohmsha, Ltd., Tokyo, P. 727-730, (1991)

- 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、野間忠明、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一下腿の随意的筋収縮が体液量変動1分波に及ぼす効果一、静岡大教養部研究報告(自然科学篇)、27, 35-40 (1992)
- 4) Inamura, K., Mano, T. and Iwase, S.: One minute wave in body fluid volume related to maintenance of blood distribution in the human body, Environmental Medicine, 34, 197-200 (1990)
- 5) 稲村欣作、野間忠明、岩瀬 敏、山本清人：ヒトの傾斜体位における血液貯留部位と体液量変動1分波との関係からみた下腿血流調節、姿勢研究、11, 87-97 (1991)
- 6) Mano, T.: Sympathetic nerve mechanisms of human adaptation to environment-findings obtained by recent microneurographic studies-. Environmental Medicine, 34, 1-35 (1990)

Abstract

To clarify a role of muscle pumping in orthostatic tolerance, we compared the contribution of one minute wave (1-MW) to cardiovascular parameters for 20 min among active-static standing, leaning on a wall, and head-up tilting from supine to upright position. Subjects were 15 healthy men from 18 to 28 years old. Five of them participated in comparison study between active and passive standing. Ten of them took part in the head-up tilt study. Mean amplitudes of 1-MW in body fluid volume were measured at 13 horizontal levels from the calf to the chest in the comparison study. Cardiac output was determined in two out of five subjects in comparison study by the impedance plethysmography. In tilt study, six subjects suffered from presyncope attack or fainting sensation so that their data were abandoned. In passive standing, the amplitudes of 1-MW were smaller than ones in active standing. This suggests that the involuntary body sway during active standing enhances the muscle pumping effect resulting in the increased power of 1-MW. The cardiac output in active standing exhibited no remarkable changes throughout the experiment. The stroke volume was reduced, but an increase in heart rate compensated for this to maintain the cardiac output unchanged. The unchanged cardiac output may probably be due to sufficient venous return by involuntary body sway and activated sympathetic nerve activity. In leaning position, the cardiac output as well as the stroke volume were reduced in spite of an increase in heart rate. The reason of decrease in cardiac output, i. e., venous return in leaning condition might be due to insufficient body sway and less activated sympathetic nerve activity. We conclude that muscle pumping evoked by involuntary body sway may play an important role to compensate for the gravitational stress to the cardiovascular system in humans.