

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

臨床麻酔 (2003.09) 27巻9号:1465～1469.

Foot Pump(A-V Impulse System)による大腿静脈血流速度に与える体位の影響

藤本一弘, 仙石和文, 高畑治, 岩崎寛

Foot Pump (A-V Impulse System[®]) による 大腿静脈血流速度に与える体位の影響

藤本一弘*

旭川医科大学附属病院集中治療部

仙石和文

高畑 治 岩崎 寛

旭川医科大学医学部麻酔・蘇生学教室

要 旨

深部静脈血栓症予防に間歇的空気式圧迫装置が近年普及してきている。この装置のうち、足底を圧迫する foot pump は、その効果が体位によって変化する可能性があるため、大腿静脈血流速度を指標として検討した。水平仰臥位では、最大血流速度増加率は $44.0 \pm 49.9\%$ であったが、下肢挙上位では $7.4 \pm 7.3\%$ と有意に低下し、また、上体挙上位では $74.5 \pm 44.7\%$ と有意に増加した。以上から foot pump は体位の影響を受け、とくに静脈鬱滞が著明な場合有効であることが示唆された。

(臨床麻酔, 27: 1465-1469, 2003)

キーワード：深部静脈血栓症、間歇的空気式圧迫装置、
大腿静脈血流速度

術中術後を通して体動が抑制される患者では、深部静脈血栓症 (DVT) の発生を念頭に置かなければならない。DVT の予防対策として、抗凝固療法、弾性ストッキング着用などのほかに、間歇的空気式圧迫装置の着用が普及している。本装置の装着は簡便であり、とくに合併症を生じることなく DVT 予防には有効であることが報告されており、術中術後を通して使用される場合も多い。この装置のうち足底部のみ圧迫する foot pump 方式が近年普及してきた。Foot pump は、足部だけの装着であるため、外傷や手術部位の制約を受けにくく下肢の手術でも使用可能であり、多くの報告で DVT 防止に有効であったとされている¹⁻³⁾。しかし、本装置の原理が、足底静脈叢の圧迫による血液駆出によることから、足底の血

液貯留状態によっては効果が減少する可能性がある。臨床的には、ベッド上でとり得る体位によりその効果に影響が現れると考えられるが、この点について検討した報告はほとんどない。

空気式圧迫装置の有効性の評価として、超音波パルスドプラ法による大腿静脈血流速度の測定が非侵襲的であり有用である。今回、大腿静脈血流速度を指標として、同機器の体位による効果の影響につき検討した。

対象と方法

対象は下肢静脈疾患を伴わない健康被検者の男性 12 名とした。対象の年齢、身長および体重は、年齢 27.2 ± 4.9 歳、身長 172.8 ± 5.6 cm、体重 66.8 ± 7.3 kg であった。

間歇的空気式圧迫装置として、foot pump 方式である Novamedix 社製 A-V Impulse System[®]

*Kazuhiro Fujimoto

〒078-8510 旭川市緑が丘東 2 条 1-1-1
旭川医科大学附属病院集中治療部

Table The Venous Velocity on the Common Femoral Vein in Each Position during Pre-compression and Compression Periods (mean±SD)

| | Pre-compression (m/sec) | Compression (m/sec) | Percentage Increase (%) |
|------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| Supine position | 69.8±30.1 | 94.0±35.9 | 44.0±49.9 |
| Foot-up position | 73.6±37.3 | 78.8±40.0 | 7.4±7.3 |
| Semirecumbent position | 52.5±27.9 | 93.3±61.8 | 74.5±44.7 |

を使用した。同装置は、エアコンプレッサーとして働く本体と、これに送気ホースで接続する足底圧迫パッド (foot pad) からなる。圧迫様式は、従来の装置と異なり、速い立ち上がり (0.4秒) で高い圧 (80~130 mmHg) により足底を圧迫する。本研究では 130 mmHg で 3 秒間の圧迫を 30 秒ごとに繰り返す設定で行った。初めに被検者を仰臥位とし、両足に foot pad を装着し測定開始までに 5 分以上装置を作動させた。

大腿静脈血流測定には測定装置として超音波診断装置 Aloka 社製 ProSound SSD-5500 を用いた。超音波プローブには 7.5 MHz リニア型プローブを用い、これに音響カプラを付けて使用した。B モードで表示された画像にパルスドブラ法で右鼠径部付近で総大腿静脈を描出し、血管の長軸方向 (血流方向) に角度をあわせて計測を行った。血流測定では、圧迫前は血流速度の最大値を、圧迫時は圧迫により血流速度が最も増加したときの値を求めた。なお呼吸の影響を避けるため、呼吸時での血流速度を測定した。測定は、おのおのの体位で 3 回以上行い、圧迫前の値を対照値とし、圧迫による血流速度の増加を百分率として評価した。

測定は、初めに水平仰臥位で行い、次に下肢を約 15 度挙上した下肢挙上位で、最後に上体を約 15 度起こした上体挙上位で測定した。

結果は、平均±標準偏差で表し、統計学的解析には repeated measured ANOVA および post hoc test として Fisher's PLSA を用い $p < 0.05$ を統計学的有意差ありとした。

結 果

圧迫前の大腿静脈血流速度は水平仰臥位で

69.8±30.1 cm/sec、下肢挙上位で 73.6±37.3 cm/sec、上体挙上位で 52.5±27.9 cm/sec であり、上体挙上位では、水平仰臥位に比べ有意に低下していた。また、すべての体位で圧迫時は圧迫前に比べ血流速度は有意に増加した (Table)。

足底圧迫による血流速度増加率は、水平仰臥位で 44.0±49.9%、下肢挙上位で 7.4±7.3%、上体挙上位で 74.5±44.7% であり、水平仰臥位に比べ、下肢挙上位で有意に低く、上体挙上位では有意に高かった (Fig. 1)。

おのおのの測定結果をみると、血流速度増加率は個人差が大きく、とくに水平仰臥位で圧迫による血流速度増加が目立たなかった対象も多かったため、対象を血流速度増加率の大きかった上位群と少なかった下位群に分け、それぞれの群で体位の影響につき解析した (Fig. 2)。増加率上位群

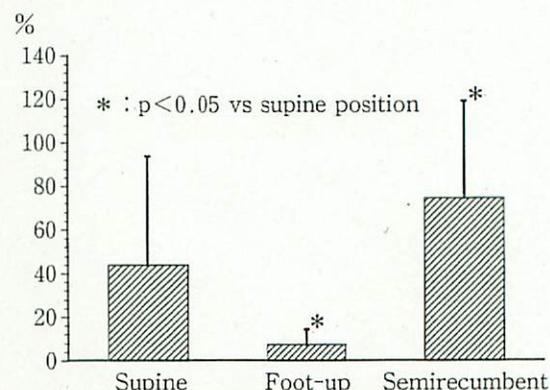


Fig. 1 The effect of the foot pump on the venous velocity of the common femoral vein. Percentage increases from pre-compression to compression period in three positions were depicted (mean±SD). There were significant differences between supine position and foot-up position, and also between supine position and semirecumbent position.

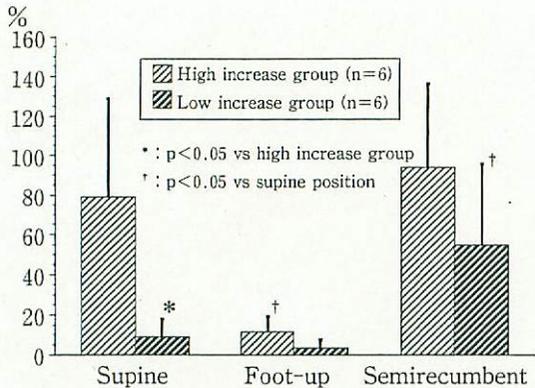


Fig. 2 The effect of the foot pump on venous velocity of the common femoral vein with high and low velocity increase groups. Percentage increase from pre compression to compression period in three positions were depicted with both groups (mean \pm SD). In the supine position, they were significantly different between two groups. In the foot-up and semirecumbent position, they were not significantly different.

および下位群の年齢、体重、身長はそれぞれ 24.5 ± 2.3 および 29.8 ± 9.9 歳、 69.2 ± 8.2 および 64.3 ± 26.4 kg、 174.8 ± 6.2 および 170.8 ± 5.0 cm であり、どの項目でも両群間に有意差はなかった。血流速度増加率は上位群では水平仰臥位、下肢拳上位および上体拳上位で、それぞれ $79.1 \pm 49.6\%$ 、 $11.6 \pm 7.7\%$ および $94.2 \pm 41.9\%$ であり、水平仰臥位と下肢拳上位で有意差があった。下位群ではそれぞれ $9.0 \pm 8.7\%$ 、 $3.3 \pm 4.3\%$ および $54.7 \pm 41.1\%$ であり、水平仰臥位と上体拳上位で有意差を認めた。

各体位での上位群、下位群の比較では、水平仰臥位でのみ有意差があり、下肢拳上位および上体拳上位では有意差はなかった。

考 察

今回の結果から、深部静脈血栓予防に用いられる間歇的空気式圧迫装置における foot pump の静脈血流速度増加の程度に体位が影響を与えることが明らかとなった。

肺血栓塞栓症の予防には、その原因となる下肢 DVT の発症予防が重要となるが、これには薬物

療法⁴⁻⁶⁾、下肢弾力包帯⁷⁾、段階的圧ストッキング⁸⁾、間歇的空気式圧迫装置の着用などが行われている。このうち薬物療法には出血の問題があり、弾力包帯は巻き方による個人差が大きい⁷⁾などの欠点があるが、段階的圧ストッキング、間歇的空気式圧迫装置は、とくにデメリットがなく簡便に使用できることから、近年、肺血栓塞栓症が問題視されてきたことを背景に普及してきている。

下肢の空気式圧迫装置には、古くから腓腹部～大腿の段階的圧迫ユニット方式 (Kendoll 社製 SCDTM Compression System) があり、DVT 予防に有効と評価されてきた⁹⁻¹¹⁾。これに対し foot pump (A-V Impulse System[®]) は、足底のみの圧迫により下肢の静脈灌流を促進するという比較的新しい方式である。Gardner と Fox¹²⁾ は足底には太い足底静脈が静脈叢を形成し、歩行運動で静脈灌流を促進する下肢ポンプ機構が存在すると報告したが、foot pump はこの原理を応用したものである。段階的圧迫ユニットに比べ、高圧 (130 mmHg) で急激に足底を圧迫し、静脈血流に衝撃波を生じることにより、鬱滞した静脈血を流し血栓形成を予防する。

間歇的空気式圧迫装置の有効性は、深部静脈血栓の発生率低下^{2,10,11)} および超音波ドプラー法による大腿静脈の血流測定などにより評価されている^{13,14)}。今回、われわれは超音波パルスドプラーによる duplex scan 法により血流測定を行った。血流測定における指標として、血栓防止効果は血流量よりも血流速度が重要であるとされ¹⁵⁾、とくに foot pump は衝撃波による局所の乱流発生が血栓予防に寄与していることから最大血流速度を指標とした。また、血流速度を指標とした場合、その絶対値は静脈径の違いなどから個人差が大きくなるため、圧迫前を対照とした血流速度の増加を百分率で評価した。

Foot pump の効果は足底静脈叢に貯留する血液量に依存すると推測されるので、体位の影響が大きいと考えられる。われわれの結果では、水平仰臥位で最大血流速度は約 40% 増加させるにとどまった。これは個々のデータを見ると、その効果にかなりの個人差があり、足底圧迫によっても

ほとんど血流速度が増加しなかった対象があったことが関与していると思われた。このことをさらに解析するため、対象を水平仰臥位での血流速度増加率により上位群（6例）と下位群（6例）に分けて検討すると、下位群では水平仰臥位では血流速度増加率が10%程度と低値であったが、下肢に血液がより貯留する上体挙上位では約55%と著明に増加した。群間比較では水平仰臥位では両群間に有意差があったが、下肢および上体挙上位では差がなかった。このことから、下肢静脈血流量が下肢挙上では全例で一様に減少し、上体挙上位では一様に増加するのに対し、水平仰臥位では個人差が大きいことが関与している可能性が示唆された。われわれと同様に foot pump の体位の影響を調べた Fleming ら¹⁶⁾ の報告でも、水平仰臥位や foot-up position に比べ foot-down position では血流速度増加がより安定していることが示唆されている。

本研究では対象を健康被検者で行っていたため、静脈血流が鬱滞しにくい対象が多かったと考えられるが、腹部圧迫により静脈鬱滞を誘発した研究での foot pump の効果を検討すると、従来の段階的圧迫ユニットに比べ、より血流速度増加が大きかったと報告されている¹⁷⁾。したがって、foot pump ではとくに静脈血流が滞りやすく術後 DVT が起こりやすいと考えられる DVT ハイリスク症例¹⁸⁾で、健康被検者よりも体位に依存しない安定した効果が得られた可能性がある。

今回の結果から、foot pump は下肢挙上によって効果がなくなると考えるより、圧迫により血流速度が増加しない場合は静脈血鬱滞が少なく、そもそも DVT が起こりにくい状況であると解釈でき、むしろ下肢静脈血が鬱滞しやすいときにとくに効果を発揮する装置であると考えられた。従来の段階的圧迫ユニットと同様に今までの報告では有効性が認められており、装着の簡便さ、下肢の術後など装着部位に制限がある場合には有用であると考えられる。

Foot pump の効果は下肢挙上位で減弱し、上体挙上位で増強することが明らかとなった。下肢血流鬱滞時に効果が増強することから、foot pump は DVT 予防に有用であると思われた。

文 献

- 1) Fordyce, M.J.F. & Ling, R.S.M.: A venous foot pump reduces thrombosis after total hip replacement. *J. Bone Joint Surg. (Br.)* 74 B : 45-49, 1992.
- 2) Bradley, J.G., Jaeger, H. & Kruegener, G.: The use of intermittent plantar venous impulse compression to reduce post-operative deep venous thrombosis. *J. Arthroplasty.* 8 : 57-61, 1993.
- 3) Stranks, G.J., McKenzie, N.A., Grover, M.L., et al.: The prevention of deep vein thrombosis and reduction of post-operative swelling following surgery for fractures of the neck of femur. *J. Bone Joint Surg. (Br.)* 74 B : 775-778, 1992.
- 4) Borow, M. & Goldson, H.J.: Prevention of postoperative deep venous thrombosis and pulmonary emboli with combined modalities. *Am. Surg.* 49 : 599-605, 1983.
- 5) Nicholas, P.C., Collins, R.E.C., Klein, L.A., et al.: Prevention of deep vein thrombosis in urological patients. *Surgery.* 83 : 230-234, 1978.
- 6) Kakkar, V.V.: Prevention of fatal postoperative pulmonary embolism by low doses of heparin-An international multicenter trial. *Lancet.* 2 : 45-51, 1975.
- 7) 平井正文: 静脈還流障害における圧迫療法, Part 1. 弾性包帯と弾力ストッキング. *静脈学.* 8 : 293-306, 1997.
- 8) Brandjes, D., Buller, H.R. & Heijboer, H.: Randomized trial of effect of compression stockings in patients with symptomatic proximal vein thrombosis. *Lancet.* 349 : 759-762, 1997.
- 9) Woolson, S.T.: Intermittent pneumatic compression prophylaxis for proximal deep venous thrombosis after total hip replacement. *J. Bone Joint Surg.* 78 A : 1735-1740, 1996.
- 10) Haas, S.B., Insall, J.N., Scuderi, G.R., et al.: Pneumatic sequential-compression boots compared with aspirin prophylaxis of deep-vein thrombosis after total knee arthroplasty. *J. Bone Joint Surg.* 72 A : 27-31, 1990.
- 11) Soderdahl, D.W., Henderson, S.R. & Hansberry, K.L.: A comparison of intermittent pneumatic compression of the calf and whole leg in preventing deep venous thrombosis in urological surgery. *J. Urology.* 157 : 1774-1776, 1997.
- 12) Gardner, A.M.N. & Fox, R.H.: The venous pump of the human foot: preliminary report. *Bristol Med. Chir. J.* 98 : 109-114, 1983.
- 13) Nicolaides, A., Fernandes, E. & Fernandes, J.: Intermittent sequential pneumatic compression of the legs in the prevention of venous stasis and postoperative deep venous thrombosis. *Surgery.* 87 : 69-76, 1980.
- 14) Killewich, L.A., Sandager, G.P. & Nguyen, A.

- H. : Venous hemodynamics during impulse foot pumping. *J. Vasc. Surg.* 22 : 598-605, 1995.
- 15) Flam, E., Berry, S., Coyle, A., et al. : Blood-flow augmentation of intermittent pneumatic compression systems used for the prevention of deep vein thrombosis prior to surgery. *Am. J. Surg.* 171 : 312-315, 1996.
- 16) Fleming, P., Fitzgerald, P., Devitt, A., et al. : The effect of the position of the limb on venous impulse foot pumps. *J. Bone Joint Surg. (Br.)* 82 : 433-434, 2000.
- 17) Christen, Y., Wutschert, R. & Weimer, D. : Effect of intermittent pneumatic compression on venous haemodynamics and fibrinolytic activity. *Blood Coagul. Fibrinolysis.* 8 : 185-190, 1997.
- 18) Bick, R.L. & Haas, S.K. : International consensus recommendations. Summary statement and additional suggested guidelines. *Med. Clin. North Am.* 82 : 613-633, 1998.

< 2003. 5. 受付 >

<Original Article>

Effects of Positions on the Foot Pump (A-V Impulse System®) Produced Blood Velocity in the Common Femoral Vein

Kazuhiro Fujimoto

Intensive Care Unit, Asahikawa Medical College Hospital

Kazufumi Sengoku, Osamu Takahata

and Hiroshi Iwasaki

Department of Anesthesiology and Critical Care Medicine, Asahikawa Medical College

Deep venous thrombosis (DVT) and pulmonary embolism constitute major post-operative complications that can result in significant morbidity and mortality. To reduce the incidence of DVT, pneumatic compression devices are commonly used nowadays. There are several types of these devices and the foot pump (FP) which compresses the plantar region is relatively new one. The effects of FP may be affected by limb positions because its effect depends on venous stasis in the plantar venous plexus. However, studies examining the effect of limb positions with FP are scarce. In the present study, we examined the effect of positions on the FP produced velocities of venous flow in the common femoral vein. The percentage increase of venous velocity was $44.0 \pm 49.9\%$ in the supine position, and it was significantly decreased to $7.4 \pm 7.3\%$ in the foot-up position. In the semi-recumbent position, it significantly increased to $74.5 \pm 44.7\%$. We concluded that the effect of FP was affected by positions and it was maximal when venous stasis was most significant.

(J. Clin. Anesth. (Jpn.) 27 : 1465-1469, 2003)

Key words : Deep venous thrombosis, Intermittent pneumatic compression device, Venous velocity of the common femoral vein

* * *