

深部静脈血栓症予防に対する間欠的空気圧迫法の効果

岩田 博英¹ 平井 正文² 澤崎 直規³ 錦見 尚道⁴ 古森 公浩⁴

要 旨: 深部静脈血栓症の理学的予防法のひとつである間欠的空気圧迫法は、形態、圧迫部位、圧迫圧、圧迫時間、圧迫サイクルなど各機器でさまざまである。Duplex scanとストレーンゲージ脈波を用いてIPCの血行動態の検討を行ったところ、最大流速%増加率および駆出量は下腿型ポンプ(calf pump)を含んだIPCが、足型ポンプ(foot pump)に対して有意に高値であり、血行動態的に有利と考えられた。(J Jpn Coll Angiol, 2005, 45: 607-612)

Key words: deep vein thrombosis, intermittent pneumatic compression, duplex scan, strain gauge plethysmography, calf pump

序 言

静脈血栓はVirchowの3要因によって誘発される。入院患者を取りまく環境は服薬、手術等による凝固能の亢進、長期臥床、そして種々の検査という深部静脈血栓症が最も好発する状況にある。その予防法としてはヘパリンなどの薬物的予防法、弾性ストッキング、間欠的空気圧迫法(intermittent pneumatic compression: IPC)、足関節運動などの理学的予防法がある。この中でもIPCは、形態、圧迫部位、圧迫圧、圧迫時間、圧迫サイクルなどの異なるさまざまな機器があり¹⁾、各機器の血行動態的特徴を踏まえたうえで、個々の症例に合わせて選択することが望ましいが、いまだ十分に検討されていない。また下肢静脈瘤も深部静脈血栓症発症の危険因子のひとつに数えられているが²⁾、IPC、足関節運動を行った時の血行動態の報告は少ない³⁾。今回、duplex scanとストレーンゲージ脈波を用いて市販の4種類のIPCと足関節運動の効果を、健常者および下肢静脈瘤患者において検討を行った。

対 象

健常群としては、健常者および静脈疾患を有さない

対側肢8人10肢(男性3人4肢、女性5人6肢、平均49.8±18.8歳、右6肢、左4肢)、一次性下肢静脈瘤肢としては7人10肢(男性2人4肢、女性5人6肢、平均63.2±7.7歳、右5肢、左5肢)を対象とした。一次性下肢静脈瘤肢は、全例大伏在型静脈瘤でCEAP分類のC2であった。深部静脈に逆流を認めた症例は除外した。

方 法

安静仰臥位、IPC使用時、足関節最大背底屈運動時に、duplex法(ProSound SSD-3500, アロカ社、東京、周波数7.5MHz)を用いて総大腿静脈の最大流速を、ストレーンゲージ脈波(SPG 16, Medasonics, U.S.A.)を用いて駆出量を測定し比較、検討した。総大腿静脈は、大伏在大腿静脈接合部遠位部で、サンプリングポイントを静脈最大径に合わせ、角度は60度前後に角度補正を加え、パルスドプラーにて血流波形を記録した。総大腿静脈最大血流速度を負荷前と負荷時に記録し、評価の指標として最大流速%増加率(負荷時最大流速-負荷前最大流速)/負荷前最大流速×100%を測定した⁴⁾。ストレーンゲージ脈波⁵⁾による血行動態評価では、ストレーンゲージがベッドに直接あたらないように足関節の後面にタオルを置き、5cm足を挙上し、ストレーンゲージを下腿の最も太い部位に巻き、その上から、IPCのカフを装着した。駆出量は、IPC作動中に波形の一番

¹岡崎市民病院血管外科

²愛知県立看護大学外科

³東海病院外科

⁴名古屋大学大学院血管外科

2005年1月5日受付 2005年5月14日受理

Table 1 Device specifications

Device	Chamber	Pressure (mmHg)	Inflation time (seconds)	Hold time (seconds)	
① Foot pumps	1	160	0.7	2	
② Calf pumps	1	40	3	12	
③ Foot and calf pumps	2	160	0.7	2	Simultaneous compression
④ Foot and calf pumps	2	80	0.3	6	Delayed time 1 second

安定した状態の値を1%キャリブレーションから算出した⁴⁾。各条件での測定は5分間の安静間隔をおいて施行し、呼吸は軽い吸気停止時とした。また各測定は3回施行し平均値を評価に用いた。

用いたIPCは、以下の通りである。

① 足型ポンプ(foot pump)：加圧カフが足部だけからなるPLEXIPULSE(NuTech社, SanAntonio, Tex, U.S.A.)で、標準設定では、20秒間に1回160mmHgで2秒間カフが加圧される。

② 下腿型ポンプ(calf pump)：加圧カフが下腿部だけからなるVen Assist Jr model VA-500(ACI Medical社, San Marcos, CA, U.S.A.)で、標準設定では1分間に1回40mmHg(20~60mmHg)で12秒間カフが加圧される。

③ 加圧カフが足部と下腿部からなるfoot + calf pump：2種類の装置を測定に用いたが、1種類はPLEXIPULSE(NuTech, SanAntonio, Tex, U.S.A.)で標準設定では20秒間に1回160mmHgで2秒間カフが加圧される。足部と下腿部カフは、同時に圧迫されるものである。

④ 加圧カフが足部と下腿部からなるfoot + calf pump：他の1種類はVen Assist model VA-1000(ACI Medical社, San Marcos, CA, U.S.A.)で、標準設定では1分間に1回80mmHgで6秒間カフが加圧される。また足部と下腿部カフの間で、1秒の遅れがある(Table 1)。

統計処理

結果は平均値 ± 標準偏差(SD)で示した。統計学的検定はWilcoxon検定を用い、 $p < 0.05$ をもって有意差ありと判定した。

結 果

(1)各IPCと背底屈運動の最大流速%増加率(Fig. 1)

健常者の総大腿静脈での最大流速%増加率では、foot pump, calf pump, 同時圧迫のfoot + calf pump, 時

間差圧迫のfoot + calf pump, 背底屈運動いずれも安静時に比較し、増加していた。foot pumpと比較し、calf pump, foot pumpとcalf pumpを組み合わせたIPC, 背底屈運動では有意に最大流速%増加率が増加していた($p < 0.01$)。

Foot pumpとcalf pumpを組み合わせたIPCで、同時圧迫か時間差圧迫かで最大流速%増加率に差を認めなかった。時間差圧迫のfoot + calf pumpは、calf pumpより有意に最大流速%増加率が高値であった($p < 0.01$)。

(2)各IPCと背底屈運動の駆出量(Fig. 2)

健常者のcalf pump, foot pumpとcalf pumpを組み合わせたIPC, 背底屈運動は、foot pumpと比較して有意に駆出量が多かった($p < 0.01$)。

Calf pump, foot + calf pump, foot pumpの順に有意差をもって駆出量が多かった($p < 0.05$)。またfoot pumpとcalf pumpを組み合わせたIPCで、同時圧迫か時間差圧迫かで駆出量に差を認めなかった。

(3)健常者と一次性下肢静脈瘤患者で各IPCを用いた時の最大流速%増加率と駆出量(Table 2, 3)

総大腿静脈での最大流速%増加率では、calf pump, 同時圧迫のfoot + calf pump, 時間差圧迫のfoot + calf pumpいずれのIPCでも健常者、一次性下肢静脈瘤患者の両群間に差を認めなかった。

ストレーンゲージ脈波によって計測された駆出量の結果では、calf pump, 同時圧迫のfoot + calf pump, 時間差圧迫のfoot + calf pumpいずれのIPCでも健常者、一次性下肢静脈瘤患者の両群間に差を認めなかった。

考 察

抗凝固療法など出血の合併症の危険性がなく、侵襲性のない理学的予防法の中で、IPCは弾性ストッキング

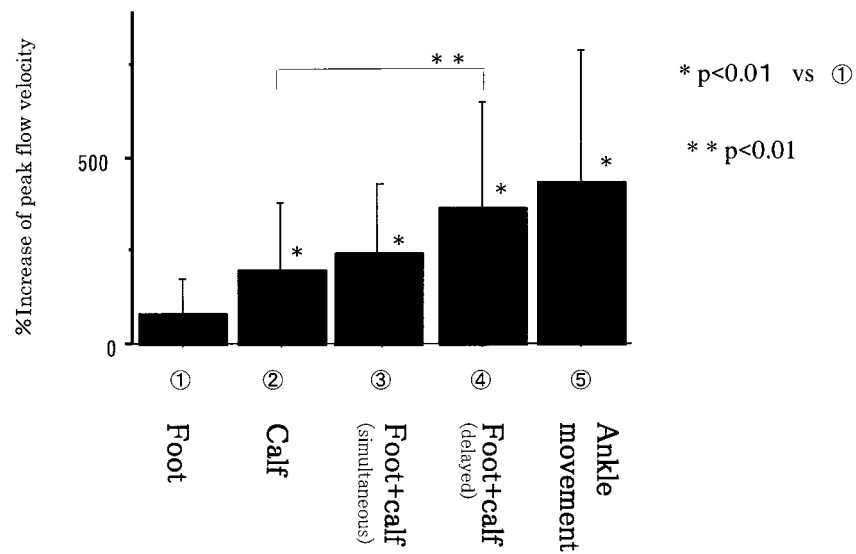


Figure 1 Femoral vein blood flow augmentation.

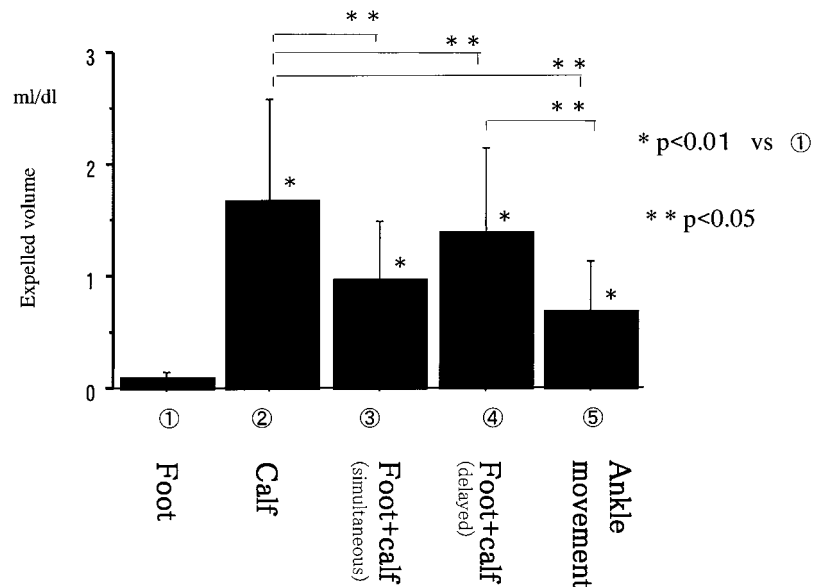


Figure 2 Calf volume augmentation.

とともに深部静脈血栓予防に有用とされている⁶⁾。その手技や方法はさまざまであり、血行動態的にも効果の差があり、多数の報告がなされているが^{7~10)}、術中、術後に下肢全体を圧迫することが困難な症例以外で、形態、圧迫部位、圧迫圧、圧迫時間、圧迫サイクルなどをどのように設定して行えばよいかの検討はな

されていない。

今回の最大流速%増加率、駆出量の結果では、Westrichら¹¹⁾、Delisら¹²⁾の報告と同様に、foot pumpはcalf pumpを含んだIPCや背底屈運動に対して有意に低値であった。足部は下腿に比較し血液量が少ないためと考えられた。またfoot pumpの問題点としては、肺塞

Table 2 Femoral vein blood flow augmentation between the patients with varicose veins and normal

Device	Percent increase of peak flow velocity		P
	Normal	Varicose veins	
② Calf pumps	225 ± 227	171 ± 140	NS
③ Foot + calf pumps (simultaneous)	346 ± 265	162 ± 133	NS
④ Foot + calf pumps (delayed)	463 ± 391	284 ± 150	NS

Table 3 Calf volume augmentation between the patients with varicose veins and normal

Device	Expelled volume (ml/dl)		P
	Normal	Varicose veins	
② Calf pumps	1.59 ± 0.70	1.76 ± 1.07	NS
③ Foot + calf pumps (simultaneous)	0.97 ± 0.38	0.98 ± 0.61	NS
④ Foot + calf pumps (delayed)	1.09 ± 0.53	1.67 ± 0.83	NS

栓症の原因として注目され、静脈血栓好発部位であるヒラメ静脈を直接圧迫することができず、末梢側の圧迫だけでは、導管である脛骨静脈の血流を増加させるだけで、盲端となっているヒラメ静脈の血流増加は得られないことなどが挙げられる。しかしfoot pumpは、足首から末梢にカフを巻くため、整形外科領域を中心に広く利用されており、取り扱いが簡単で車いすや座位でも使用でき、患者の不快感も少ないという長所も挙げられている¹¹⁾。

IPC、運動、マッサージの血行動態的改善としては、①血管の圧迫によって生じる血流速度、血液量の増加により、血液を心臓へと戻すことで下肢のうっ滞を軽減させる(うっ滞除去効果)^{13, 14)}。②駆出される血流により中枢部位の静脈内の血栓をできにくくする(クリアランス効果)^{7, 14)}。③血管への圧迫刺激によって血管内皮細胞由来の化学伝達物質の分泌を増加させるなどが挙げられる。このうち最大流速%増加率は、クリアランス効果を、駆出量はうっ滞除去効果を表していると考えられ、calf pump, foot + calf pumpでは、速い血流により静脈弁洞部に付きやすい血栓を洗い流す作用(クリアランス効果)が強いと考えられる。

次に組み合わせ型の2種類のfoot + calf pumpの比較では、最大流速%増加率においても、駆出量においても、差を認めなかった。圧迫圧, inflation time, holding

timeなど条件が違うため、時間差をおいて圧迫したほうが波動効果を得られ、血行動態的には有利と結論づけることはできなかった。

足関節運動では、今回は単発であったが、時間差圧迫のfoot + calf pumpやcalf pumpと比較して、駆出量では劣るものの、最大流速%増加率では差がない程度の値が得られた。一般に運動のほうが間欠的空気圧迫法よりも流速の増大が大きいと報告されている^{4, 8)}。したがって、foot pumpしか使用できない状況下においても足関節運動を組み合わせることは深部静脈血栓を予防するうえで血行動態的に有用と考えられた⁴⁾。

静脈血栓塞栓症の予防ガイドライン¹⁵⁾の中で下肢静脈瘤は弱い危険因子、静脈血栓塞栓症の既往は強い危険因子のひとつとなっている。過去の報告では、一次性下肢静脈瘤患者では、仰臥位でも下腿にうっ滞があるため、最大流速%増加率、駆出量とも健常者と比較して速くなるとの報告がある³⁾。また健常者と深部静脈血栓後遺症で深部静脈に逆流のある患者との比較では、深部静脈の弁不全があるため、最大流速%増加率、駆出量とも健常者と比較して小さくなるとの報告もある¹⁶⁾。今回の検討では最大流速%増加率、駆出量とも両群間に差を認めなかった。仰臥位では、下腿にうっ滞が少なかったためかもしれない。深部静脈に逆流を認めない一次性下肢静脈瘤では、最大流速%増加

率、駆出量の面では、健常者と同様の数値が得られたが、今回計測はしていないが、下肢静脈血残容量は、一次性下肢静脈瘤患者のほうが多く、IPCの効果としては、健常者と比較して劣ると推測される。

今回検討した形態、圧迫部位、圧迫サイクルのほか、IPCでは圧迫圧、圧迫時間なども違うので、十分に検討し、個々の症例に合わせて、IPCを選択したり、足関節運動やストッキングなどを組み合わせたりして応用することが今後望ましいと考えられる⁴⁾。

結 論

最大流速%増加率および駆出量はcalf pumpを含んだIPCが、foot pumpに対して有意に高値であり、血行動態的に有利と考えられた。しかし各IPCによって最大流速%増加率、駆出量など特徴があるので、それをよく理解したうえで、IPCを選択したり、足関節運動やストッキングなどを組み合わせたりすることが望ましいと考えられた。

文 献

- 1) 佐戸川弘之, 猪狩次雄, 佐藤洋一 他: 間欠的空気圧迫装置と弾力ストッキングの組み合わせによる下肢静脈血流状態. 静脈学, 2004, **15**: 45-49.
- 2) Nicolaides AN, Bergqvist D, Hull R et al: International consensus statement. Prevention of venous thromboembolism. *Int Angiol*, 1997, **16**: 3-38.
- 3) 戸島雅宏, 西谷 泰: 下肢静脈瘤肢における仰臥位弾力ストッキングおよび間欠的空気圧迫装置使用時の深部静脈血行動態の検討. 静脈学, 2004, **15**: 217-223.
- 4) 平井正文, 岩田博英, 温水吉仁 他: 深部静脈血栓症予防における運動, 弾力ストッキング, 間欠的空気圧迫法の臨床応用. 静脈学, 2004, **15**: 59-66.
- 5) 岩田博英, 平井正文: 脈波検査(ストレーンゲージ脈波). 血管無侵襲診断の実践(血管無侵襲診断法研究会将来構想委員会 編), 文光堂, 東京, 2001, 121-125.
- 6) Bottner F, Sculco TP: Nonpharmacologic thromboembolic prophylaxis in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, **392**: 249-256.
- 7) Nicolaides AN, Fernandes e Fernandes J, Pollock AV: Intermittent sequential pneumatic compression of the legs in the prevention of venous stasis and postoperative deep venous thrombosis. *Surgery*, 1980, **87**: 69-76.
- 8) Whitelaw GP, Oladipo OJ, Shah BP et al: Evaluation of intermittent pneumatic compression devices. *Orthopedics*, 2001, **24**: 257-261.
- 9) Abu-Own A, Scurr JH, Coleridge Smith PD: Assessment of intermittent pneumatic compression by strain gauge plethysmography. *Phlebology*, 1993, **8**: 68-71.
- 10) Proctor MC, Greenfield LJ, Wakefield TW et al: A clinical comparison of pneumatic compression devices: the basis for selection. *J Vasc Surg*, 2001, **34**: 459-464.
- 11) Westrich GH, Specht LM, Sharrock NE et al: Pneumatic compression hemodynamics in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 2000, **372**: 180-191.
- 12) Delis KT, Slimani G, Hafez HM et al: Enhancing venous outflow in the lower limb with intermittent pneumatic compression. A comparative haemodynamic analysis on the effect on foot vs. calf vs. foot and calf compression. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2000, **19**: 250-260.
- 13) Roberts VC, Sabri S, Beeley AH et al: The effect of intermittently applied external pressure on the hemodynamics of the lower limb in man. *Br J Surg*, 1972, **59**: 223-226.
- 14) 平井正文: 理学的予防法の実践. 江里健輔, 平井正文, 中野 超 編: 疑問に答える深部静脈血栓症予防ハンドブック. 医歯薬出版, 東京, 2004, 65-68.
- 15) 肺血栓塞栓症 / 深部静脈血栓症(静脈血栓塞栓症)予防ガイドライン作成委員会: 肺血栓塞栓症 / 深部静脈血栓症(静脈血栓塞栓症)予防ガイドライン. メディカルフロントインターナショナルリミテッド, 東京, 2004.
- 16) Malone MD, Cisek PL, Comerota AJ Jr. et al: High-pressure, rapid-inflation pneumatic compression improves venous hemodynamics in healthy volunteers and patients who are post-thrombotic. *J Vasc Surg*, 1999, **29**: 593-599.

Effect of Intermittent Pneumatic Compression in the Prevention of Deep Vein Thrombosis

Hirohide Iwata,¹ Masafumi Hirai,² Naoki Sawazaki,³ Naomichi Nishikimi,⁴ and Kimihiro Komori⁴

¹Department of Vascular Surgery, Okazaki City Hospital, Aichi, Japan

²Department of Surgery, Aichi Prefectural College of Nursing, Aichi, Japan

³Department of Surgery, Tohkai Hospital, Aichi, Japan

⁴Department of Vascular Surgery, Nagoya University School of Medicine, Aichi, Japan

Key words: deep vein thrombosis, intermittent pneumatic compression, duplex scan, strain gauge pletysmography, calf pump

Intermittent pneumatic compression is a preventive measure for deep vein thrombosis. It varies in form, compression site, pressure, cycle, and holding time.

While intermittent pneumatic compression being applied, hemodynamics of lower limb was examined using duplex scan and strain gage pletysmography.

Percentage increase in peak flow velocity at the common femoral vein and expelled volume were measured. Percentage increase in peak flow velocity and expelled volume were significantly smaller in foot pump than in calf pump.

The results of a foot pump indicated significantly smaller percentage increase in peak flow velocity and expelled volume than the ones of a calf pump. (J Jpn Coll Angiol, 2005, **45**: 607–612)