論文

治療用下半身低圧タンクの設計と
その心拍数、血圧などに及ぼす影響

小川 滋^{*1} 赤川 達^{*2} 高杉 昌幸^{*3}
石橋 正義^{*3} 安成 英一^{*3} 木村 耕太郎^{*3}
池田 健次郎^{*3} 広田 達哉^{*3}

Lower Body Negative Pressure Tank and Its Effect
on Heart Rattand Blood Pressure

Ogawa, Shigeru   Akagawa, Tōru
Takasugi, Masayasu   Ishibashi, Masayoshi
Yasunari, Eiichi   Kimura, Kōtaro
Ikeda, Kenjiro   Hirota, Tatsuya

Recently the Lower Body Negative Pressure (LBNP) tank has been used to study the cardiovascular dynamics in the field of aerospace medicine in USA as a conditioning device in a weightless environment.

We have designed LBNP tank independently in 1969 for the purpose of circulatory improvement in case of pulmonary edema and other congestive disorder in thoracic vascular reservoirs.

The advantage of this lucid plastic device is safety and reproducibility of cardiovascular dynamic changes.

This is our report of the design on LBNP tank and its effect on blood pressure, pulse rate etc..

はじめに

人体の静脈還流における胸腹ポンプ作用の重要性は Rushmer ら¹²⁾ によって研究されており、特に近年、人工衛星の無重力状態で血液が上大静脈域に蓄積し循環障害を来すことが判

明し、低圧タンクによる治療により血液を下大静脈域に集める研究がなされている^{1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9), 10)}.

われわれは数年来慢性肝疾患における静脈還流について研究し、慢性肝疾患では循環血漿量の増加、上大静脈末梢内圧の上昇、その呼吸性動揺の低下、胸腔平均呼気圧の上昇、さらに組織クリアランスにおける下肢の促進と上肢の低下を認め、当疾患における腹腔内固定容積増加による下大静脈の還流促進とそれにとまう上

^{*1}福岡市天神一丁目3 済生会福岡総合病院

^{*2}福岡市上月隈新尾 631 福岡放射線 (株)

^{*3}福岡市堅粕 1276 九州大学医学部第3内科

(原稿受付: 昭和 46 年 6 月 7 日)

大静脈領域の選択的阻害を認めた¹⁾。このような循環障害では下半身減圧によって血行の改善がもたらされるものと考えられる。さらに下半身減圧による下大静脈域の血液停滞により、①上大静脈の血行改善、②肺動脈の血行改善などの救急療法にも応用できるものと考えられ、これらの療法に役立てる目的で下半身減圧タンクを試作したのでその概要を報告する。

装置の設計とその特徴

1. 本体：本装置はその一端を開口したかまぼこ型のタンクで外板にプラスチックを使用した(図1, 2)。タンク本体の長さは130 cm, 内腔の体積は約2 m³をしめる。この中に下半身を入れ大気とタンク内の空間を遮断するために開

Fig. 1 The Blue-print of The lower body negative pressure tank

Fig. 2 The view of the lower body negative pressure tank

口部にゴム製のスリーブを用い、人体と密着せしめるようにした。減圧時スリーブがタンク内

に引込まれるのを予防してズボンつり型のベルトを工夫した。蓋部と台部との接着面には密封用ゴムを使用し、6個のネジでしめ、空気漏れを防いだ。台の全長は210 cm, 幅54 cm, 高さ75 cmでその上にタンク本体が乗っている。本体のプラスチック外板は陰圧に弱いので補強のため円弧の鉄わくを支柱としている。足側には蓋部に4個、台部に2個の孔があり、真空計、減圧度調節弁、真空ポンプへと連絡している。その他は目的に応じて使用する測定用導線取り口で、心電図コード、アース線、脈波ピックアップなど使用できる。不使用時にはゴム栓で閉じる。蓋部を開いている間は支柱を使用する。

2. 附属品：モーターは0.4 kw, 1馬力の condenser motor を使用し、真空ポンプはRV-O型、排気量200 l/min. のものを使用した。圧力計はペロー式の真空計を使用し、0~200 mmHgの測定可能である。減圧度調節弁は頭部の調節ネジを回すことにより一定の圧力を保持できる。上下2個のスプリングの弾力差を応用したこの調節弁(福岡放射線製)では0~150 mmHgの範囲内で希望する圧力に自動調節できる。減圧過度の場合は先端の桿を軽くおせばネジ調節までの一時的な調節が可能である。

3. 特徴：下半身減圧療法の特徴と考えられるものは、①患者に苦痛を与えない。②血行の変化を定量的に行なうことが可能で、しかも再現性がある。③血行変化の調節が外部から減圧の時間、速さ、程度などを変えることによって可能である。④血行をもとの状態に戻すことが速やかにできる。⑤存全であることなどである。本装置を設計するにあたっては外部からの観察を容易にし、患者の出入の便利のため外板を透明なプラスチックとし、横開きにした。

使用 方 法

- ①被検者をタンク内に仰臥させ、必要の器具を下半身に装着する。
- ②蓋をとじ、スリーブのチャックを閉める。

(54)

③ズボンつり型のマジックベルトをスリーブ側と接着する。

④幅 20 cm のゴム帯をしめた後、緊縛用バンドで適度の強さに上腹部でさらにしめる。なお、減圧時人体がタンク内に引込まれないように逆 Y 字型サドルをタンク蓋部に固定させてある。

使用経験

モーターのスイッチを入れるとタンク内圧は 2~3秒で低下し始め、10秒以内に調節弁の規定する圧に到達する。実験的に最低 -100 mmHg を記録した。圧力計は最小目盛 5 mmHg のものを使用し、10 mmHg 単位の安定化は良好であった。

健康青年男子延22名(19才~35才)に段階的に下半身に陰圧を负荷し、心拍数、上下肢の血圧、呼吸数の変化などを調べた。ほとんど全例同じような変化を示し、陰圧が強くなるにつれて心拍数は増加し、呼吸数も軽度増加した(図3)。

血圧は上肢で収縮期圧はほとんど不変であるが、拡張期圧は上昇し脈圧が小さくなる。下肢では収縮期圧、拡張期圧ともに低下するが収縮期圧の低下の方が著明で脈圧は小となる。これらの変化は陰圧の程度を下げるとともに戻り、大気圧下では速やかに正常に復する。また、同時に記録した手指と足趾の透過式光電容積脈波では減圧開始と共に上下肢ともに脈波の波高が低くなり、重複波の位置が高くなっている(図4)。2例ではあるが -50 mmHg と -60 mmHg で顔面蒼白、悪心などの失神前駆症状がみられた。

配慮すべきこととして、モーターの音、ポンプの振動を少しするためにモーター及びポンプの下にエバースoftのクッションを用いた方がよ

Fig. 3 Changes of pulse rate, blood pressure and respiration during graded lower body negative pressure (20 cases)

Fig. 4 Changes of ECG, respiration and pulses waves of finger and toe

い。ポンプとタンクとを結ぶビニール管はある程度長い方が音や振動の影響を受けずに済む。別室にモーター及びポンプを置けばなお有効である。タンク内に仰臥させ上腹部で固定することは、それだけで精神的不安を与えるので部屋は明るい方が良い。また、被検者には低圧タンクについて前もって説明しておかねばならない。

考 按

身体に陰圧を負荷することは生理学的 stressor や治療手段として長い歴史がある。Junod (1834)は初めて subatmospheric pressure を臨床に用いた⁸⁾。この方法は Hemospasia (bloodsucking) と呼ばれて広く全欧米で疾患の治療や、また外科的麻酔の手段として syncope をおこさせるため用いられていたという。減圧の身体に及ぼす影響は身体表面の組織圧の低下によることは明らかで、Coles (1957)は四肢を容器内に密閉して減圧した場合の皮下組織について観察している⁸⁾。

減圧タンクは最近、宇宙医学の分野で応用されている。Stevens ら¹⁾ (1965)は心臓血管系の影響を観察するために $61 \times 41 \times 152 \text{ cm}^3$ の木製の箱を用い、80 mmHg の陰圧が臍より下に負荷されるよう設計している。Zechman, Musgrave ら⁵⁾ (1967)は金属性タンクを設計し、呼吸について観察している。Murray ら⁸⁾ (1968)は下半身減圧の効果は瀉血などによる血液量減少と同様であり、再現性があるのをみている。失神様前駆症状の直接的原因は脳虚血と思われるが、その誘因には vaso-vagal なものが関与していると考えられる。初めあくびが数回あり、口唇のチアノーゼ、四肢の冷感などがみられる。失神様症状を防ぐためには、最も敏感な脈拍数の変化を心電計、脈波計などで絶えずモニターして、心拍数 100 を限度としてそれ以上減圧してはならないと考えられる。

このような結果から、健康人に安全有効な陰陰圧は $-30 \sim -40 \text{ mmHg}$ であると考えられ、患者に応用する場合この程度よりやや低値が望ましいと考えられる。高圧療法が 3~5 気圧の加圧を行なって治療するのに対して、減圧療法

では $-10 \sim -30 \text{ mmHg}$ で十分な成績を得、しかも復圧に際し長時間を要しない利点がある。

む す び

われわれの設計改良したプラスチック製下半身低圧タンクを使用して、その安全性を確かめ、使用方法、特徴などを検討した。

(本研究は昭和44年、45年度文部省科学研究費の援助を受けた。)

引用文献

1. Stevens, P. N. and Lamb, L. E.; Effects of lower body negative pressure on the cardiovascular system, *Am. J. Cardiol.*, **16**: 506, 1965.
2. Lamb, L. E. and Stevens, P. M.: Influence of lower body negative pressure on the level of dehydration during bed rest, *Aerospace med.*, **36**: 1145, 1965.
3. Murray, R. H., Krog, J., Carlson, L. D. and Bowers, J. A.: Lower body negative pressure as a provocative test for the circulatory system, *Physiologist*, **8**: 238, 1965.
4. Gilbert, C. A., and Stevens, P. M., Forearm vascular responses to lowerbody negative pressure and orthostasis, *J. Appl. Physiol.*, **21**: 1265, 1966.
5. Zechman, F. W., Musgrave, F. S., Mains, R. C. and Cohn, J. E.; Respiratory mechanics and pulmonarp diffusing capacity with lower body negative pressure, *J. Appl. Physiol.*, **22**: 247, 1967.
6. Murray, R. H., Krog, J., Carlson, L. D. and Bowers, J. A.: Cumulative effects of venesection and lower body negative pressure. *Aerospace Med.*, **38**: 243, 1967.
7. Milledge, R. D., Musgrave, F. S. and Zechman, F. W.: Radiographic studies of the chest during changes in posture and lower body negative pressnre, *Radiology*, **90**: 647, 1968.
8. Murray, R. H., Thompson, L. J., Bowers, J. A. and Albright, C. D.: Hemodynamic effects of graded hypovolemia and vaso-depressor syncope induced by lower body

(56)

- negative pressure, Am. Heart J. : **76** : 799, 1968.
9. Nutter, D.O., Hurst, V.W., III and Murray, R. H. : ventricular performance during graded hypovolemia induced by lower body negative pressure, J. Appl. Physiol., **26** : 23, 1969.
  10. Muray, R. H., Thompson, L. J., Bowers J. A., Steinmeitz, E. F. and Albright, C. D. : Hemodynamic effects of hypovolemia in normal subjects and patients with congestive heart failure, Circulation, **39** : 55, 1965.
  11. 小川 滋, 浜田政明, 梶屋富一, 赤川 達 : 慢性肝疾患に於ける末梢循環の研究(第7報) 体静脈環流と分節性低圧状態, 日循誌, **34** : 754, 1970.
  12. Rushmer, R.F. : Cardiovascular dynamics, 3 rd Ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1970.