

·临床研究·

中频电刺激腹股沟血管丛对下肢近端血液循环变化的初步探讨 *

马如梦¹ 马 进^{2△} 李晓京² 王 涛² 李 焱² 文治洪² 胡文东²

(1 第四军医大学唐都医院实验外科 陕西 西安 710038 ;

2 第四军医大学航空航天医学院医学装备教研室 教育部重点实验室 陕西 西安 710032)

摘要 目的 探讨中频电刺激腹股沟血管丛对下肢血液循环的影响。方法 32 名健康男性随机分为 2 组,将 LDF 探头、热敏探头以双面胶固定在受试者右膝关节内侧上方 5cm 处,电流强度为感觉阈上。一组接受调制中频电刺激,另一组是对照组。刺激时间为 20 分钟,休息 15 分钟后,连续监测时间为 30 分钟,每 5 分钟为一个时间段,生理信号记录的是第一个 5 分钟、第三个 5 分钟、第五个 5 分钟、第六个 5 分钟共四次。记录指标为皮肤表面血流量、表面温度和心率变异性(HRV)。结果 研究表明,皮肤表面温度、血流量、HRV 的 LF 值随时间间隔出现明显变化,HF 与 LF/HF 并没有显著变化,调制中频电组的部分指标与对照组有显著性差异。结论 调制中频电组效果优于空白对照组,阈上强度的中频电刺激腹股沟血管丛能够明显改善下肢血液循环,防止下肢出现水肿或麻木的情况。

关键词 中频电 腹股沟血管丛 激光多普勒 皮肤血流 皮温 心率变异性

中图分类号 R85 R654.4 文献标识码 A 文章编号 1673-6273(2012)24-4654-04

The Initial Investigation of Stimulating Fold Inguen Vascular Plexus by Medium Frequency Electric on Circulation of Proximate Inferior Extremity*

MA Ru-meng¹, MA Jin^{2△}, LI Xiao-jing², WANG Tao², LI Ye², WEN Zhi-hong², HU Wen-dong²

(1 Department of Experimental Surgery, Tang Du Hospital, the Fourth Military Medical University, Xi'an 710038, China;

2 Department of Aerospace Medical Equipment, School of Aviation & Aerospace Medicine, the Fourth Military Medical University, Xi'an Shaanxi, 710032, China)

ABSTRACT Objective: To explore the effect of low intensity of medium frequency electric stimulating on fold inguen vascular plexus. **Methods:** 32 healthy men were randomly divided into two groups, which was defined the modulated medium frequency group and the control group. Before the test, we put the LDF probe and the thermal probe fixed on the subject at 5cm above the right knee medial; Put the modulated medium frequency electrodes on bilateral guinal vascular plexus. The control group also were placed modulated medium frequency electrode, but with no current output; The ECG electrodes were to put on the body in the limb lead way. Current perception was above the Sensory Thresholds, and the time of stimulation was 20 minutes. After the resting of 15 minutes, make the subjects maintain relaxed lying position and continuous monitoring the result for 30 minutes, the result was extracted every 5 minutes. The indices were skin blood flow, skin temperature and heart rate variability. **Results:** The results of the study indicate that, skin blood flow, skin temperature and LF were significantly changed with time interval. However, HF and LF/HF had not changed significantly. The modulated medium frequency group's indices greatly surpassed the control group's. **Conclusion:** The effect of MMFC group was better than the control group and the stimulation of fold inguen vascular plexus by suprathreshold intensity of medium frequency electric can improve distal lower limb skin blood flow obviously, which could prevent edema or anesthesia of lower limb.

Key words: Intermediate frequency electric; Fold inguen vascular plexus; Laser doppler; Skin blood flow; Skin temperature; Heart rate variability

Chinese Library Classification(CLC): R85, R654.4 Document code: A

Article ID:1673-6273(2012)24-4654-04

引言

下肢循环不畅导致的双腿麻木或者水肿常常困扰长时间坐和久站人员。在过去的几年中,越来越多的研究发现长时间在空中飞行的人员容易发生肺动脉栓塞、深部静脉血栓等^[1-6]。在较长旅途中,由于长时间坐在拥挤且狭小的空间内,固定在

一个位置不能移动使得腘静脉受到挤压,进而导致静脉受阻从而大大增加了深部静脉血栓的风险。最近发现^[7,8],不管是在长时间的飞行旅途中,还是在长时间的汽车旅途中,人体的凝血系统容易被激活,静脉血液动力系统被损坏,使得静脉瘀滞极易在长时间飞行的旅客身上发现^[9,11]。在飞行模拟器的研究中发现,长时间的飞行将会诱发下肢末端明显的积水,大概每条腿

* 基金项目 国家自然科学基金:飞行人员工作能力状态实时监测模型研究(60879007)

作者简介:马如梦(1981-),硕士,主治医师,讲师,研究方向为心理测量学,电话:029-84774825, E-mail:780216@fmmu.edu.cn

△通讯作者:马进(1978-),博士,讲师,研究方向为人工工效学及心理测量学,电话:029-84774823, E-mail:maple0962@hotmail.com

(收稿日期:2012-03-12 接受日期:2012-04-06)

接近 250mL 的容量，甚至伴随小腿部和大腿部一些组织的增生，从而引起下肢水肿。

既然出现以上所述的情况，那么探讨一种方法来对抗下肢的血液循环不畅，缓解飞行、驾驶或旅行的疲劳感就具有十分重要的意义了。文献表明^[10,12]，调制中频电疗法具有促进血液循环和调节自主神经功能的作用，可以促进小动脉和毛细血管扩张，开放的毛细血管数目增多，皮肤温度升高，抑制交感神经的兴奋性。本文目的是探讨调制中频电疗法作用于腹股沟血管丛能否改善下肢血液循环，并进一步证明中频电的理疗作用。

1 对象与方法

1.1 实验对象

健康男性志愿者 32 名，年龄 21.2± 1.2 岁，身高 169.0± 6.0cm，体重 62.8± 7.0 kg。随机分为两组，分别为调制中频电组与对照组，每组 16 名。周围血管病、低血压、高血压、周围神经病、新近创伤者被排除。志愿者试验前签订知情同意书，并且随时可以退出试验。

1.2 实验仪器

仪器(Instrument)	用途(Application)
J48B 电脑中频治疗仪 (J48B intermediate frequency treatment instrument)	产生调制中频电流，工作方式：中频 2KHZ，低频 1 / 6HZ，调制波形：等幅波、方波、三角波、指数波 To produce modulation frequency electric current, the style of work: IF 2 KHZ, low 1/6HZ, modulation waveform: amplitude wave, square wave, triangle wave, exponential wave
激光多普勒血流监测仪 (Laser Doppler Blood Flow Monitor)	监测并且记录表皮血流量 To monitor and record the skin blood flow
OEM 模块 CSN808 (OEM Module CSN808)	监测并且记录心电和皮温 To monitor and record ECG and skin temperature

1.3 实验方法

实验室安静，避免空气对流，室温保持 24± 1℃，水温 40± 1℃。实验前将 LDF 探头、热敏探头以双面胶固定在受试者右膝关节内侧上方 5cm 处；在腹股沟血管丛双侧放置调制中频电电极，对照组也放置调制中频电电极，但是没有电流输出，心电电极以肢体导联方式黏贴完毕。

受试者进入实验室后安静休息 15 分钟后开始实验。实验过程中受试者保持平躺卧姿，首先记录静息状态下 5 分钟内的皮肤血流灌注量、表面皮肤温度、心电作为基础值，注意激光多普勒探头避开静脉、体毛及皮肤破损处，整个检查过程中保持情绪稳定、四肢放松并尽量保持静止不动。然后开始中频电刺激 20 分钟的理疗（对照组仅黏贴电极，但是没有电流输出）。实验过程中电流强度为感受阈上，即受试者有明显的电刺激感或者麻颤感。在理疗结束时，电刺激同时结束，但是生理指标继续

监测并且记录数值 5 分钟，5 分钟后关闭所有监控仪器。实验过程一共 30 分钟，5 分钟为一个时间段，生理信号记录的是第一个 5 分钟、第三个 5 分钟、第五个 5 分钟、第六个 5 分钟共四次。皮肤表面血流量分别记为 PU1、PU2、PU3、PU4，皮肤表面温度分别记为 T1、T2、T3、T4。因为血管舒张引起记录信号显著的波动，所以采取一分钟下肢远端皮肤血流灌注量的平均值作为某段时间的血流灌注量值。

1.4 实验数据处理

采用 SPSS17.0 软件，采用多因素重复测量和 LSD、Dunnett t 检验的统计分析。

2 结果

2.1 皮温

表 1 调制中频电组与对照组四个时间点的皮温(单位：℃ $\bar{x} \pm s$)

Table 1 Skin temperature of four time points between modulation frequency electric group and control group (Unit: °C $\bar{x} \pm s$)

	T1	T2	T3	T4
中频电组(n=16) Modulation frequency electric group (n=16)	32.62± 3.54	33.21± 4.31*	33.89± 3.73**	34.61± 2.88a,**
对照组(n=16) Control group (n=16)	31.49 ± 4.39	31.60± 4.04	31.81± 4.67	31.14± 3.68

注：与对照组进行比较，* 表示 P<0.05，** 表示 P<0.01。

a 表示与 T1 比较，P<0.05。

Note: Compared with the control group, * indicates P<0.05 and ** indicates P<0.01.

Compared with the T1, a indicates P<0.05.

结果显示，调制中频电组随着刺激的不断深入，皮温逐步提高，并且与对照组呈现显著性差异。同时，在中频电组中，T3、T4 与 T1 相比，有显著性差异。

2.2 皮肤血流量

进行“球对称”分析，P<0.01。因此考虑 Green-

house-Geisser 检验结果，水平间 F=6.30，P<0.01。水平间和处理因素的交互作用 F=4.27，P<0.01。处理因素间比较 F=0.11，P=0.89。时间一和时间二、时间三、时间四比较 P<0.05，时间三与时间四比较 P<0.05。

2.3 心率变异性

表 2 调制中频电组与对照组四个时间点的皮肤血流量(单位 :PU $\bar{x}\pm s$)

Table 2 Skin blood flow of four time points between modulation frequency electric group and control group (Unit: PU $\bar{x}\pm s$)

	PU1	PU2	PU3	PU4
中频电组(n=16)				
Modulation frequency electric group (n=16)	9.49± 5.75	9.30± 4.55	10.78± 3.79*	10.42± 3.91**
对照组(n=16)				
Control group (n=16)	8.62± 3.54	8.60± 4.04	8.81± 4.67	8.14± 3.68

注 :与对照组进行比较 ,* 表示 P<0.05, ** 表示 P<0.01。

Note: Compared with the control group, * indicates P<0.05 and ** indicates P<0.01.

表 3 调制中频电组与对照组四个时间点的心率变异性指标($\bar{x}\pm s$)

Table 3 HRV indices of four time points between modulation frequency electric group and control group ($\bar{x}\pm s$)

中频电组(n=16)		对照组(n=16)
Modulation frequency electric group (n=16)		Control group (n=16)
LF	时间一(The first time)	946.00± 336.41
	时间二(The second time)	1022.38± 486.15
	时间三(The third time)	1338.54± 581.44 ^a *
	时间四(The fourth time)	1310.54± 474.79 ^a *
HF	时间一(The first time)	623.54± 255.38**
	时间二(The second time)	704.77± 337.70**
	时间三(The third time)	729.08± 334.33**
	时间四(The fourth time)	763.92± 259.56**
LF	时间一(The first time)	1.42± 0.48
	时间二(The second time)	1.46± 0.43
/	时间三(The third time)	1.67± 0.42
HF	时间四(The fourth time)	2.04± 0.66
		1.96± 0.59

注 :与对照组进行比较 ,* 表示 P<0.05, ** 表示 P<0.01。

a 表示与时间一比较 P<0.05。

Note: Compared with the control group, * indicates P<0.05 and ** indicates P<0.01.

Compared with the first time, a indicates P<0.05.

3 讨论

本次实验的目的在于探讨中频电刺激腹股沟血管丛是否能有效改善下肢远端的血液循环 ,其作用机制为 :当疲劳时 ,在腹股沟血管丛施以电刺激 ,自主神经兴奋性升高 ,释放大甲肾上腺素、类肾上腺素化学物质增多^[12]。这些化学物质促进血管的收缩 ,使得肌肉中小动脉血液向静脉、肌肉血管中流动 ,促进静脉血液的回流 ,改善血液循环 ,进而使得血液中的氧、能量物质得以储存 ,同时也促进代谢产物(乳酸等)的排泄 ,肌肉收缩兴奋性恢复正常 ,人体疲劳得以缓解 ,舒适性增加^[13,14]。

实验结果显示 :下肢远端的皮肤表面温度、血流量及心电图的频域分析指标 LF 在时间水平上差异显著(P<0.05) ,心电图频域指标 HF 与 LF/HF 并没有显著变化。这意味着伴随坐姿时间的延长 ,下肢远端皮肤的血流量在逐渐减少 ,下肢远端皮肤的温度也随之降低 ,相应的交感神经的兴奋性升高 ,而迷走神经的兴奋性与交感神经与迷走神经的平衡性在时间上并没有显

著变化。中频电组在刺激的后期会出现皮温升高 ,血流量增大的情况 ,同时 HF 值明显低于对照组 ,说明中频电组的交感神经兴奋性也随之加大。

有人曾做过相关的研究显示 :电刺激上肢的正中神经 ,只有在运动阈上值的强度刺激下皮肤血流才有明显的改变 ,皮肤温度的改变不明显 ;并且引起的皮肤血流增加都只是局部的 ,不是在交感神经系统的影响下发生的^[15]。此结论与本文结果相一致。因此 ,高电流强度、局部影响是中频电理疗效果的主要特点 ,关于交感神经系统在电刺激中的调节作用有待于进一步的研究。中频电刺激属于理疗学范畴 ,理疗次数与持续时间对理疗效果也是有影响的。

当然 ,被试者的个体情况不一致也导致实验结果的偶然性会增大。因为激光多普勒的灵敏性 ,稍微的变化便会引起数值大幅度的变化 ,所以实验中要求被试者保持固定坐姿不动 ,这必然会增加被试者的心理负担。同时 ,在实验前告知被试需要在实验过程中进行一定强度的电刺激 ,虽然强度很小 ,也会引

起被试者的紧张不安,这两种因素的叠加效应必然导致肌肉紧张,甚至出现肌肉僵化,也就不难理解会严重影响被试者下肢的皮肤温度和血流量。

从趋势上看,可以大胆推测:在调制中频电刺激健康男性双侧腹股沟血管丛以后,下肢近端的皮肤血流灌注有所增加,交感神经的兴奋性降低,迷走神经的兴奋性升高,交感神经与迷走神经的平衡性有所变化。

下一步需要改进的方面包括:①皮肤表面血流受室温等周围环境影响比较大,要在标准的实验条件下进行研究;②中频电刺激治疗是一个多疗程持续性的治疗,一次20分钟的治疗结果不能断定中频电刺激治疗是否有效。

参考文献(References)

- [1] Scurr JH, Machin SJ, Bailey-King S, et al. Frequency and prevention of symptomless deep-vein thrombosis in long-haul flights: a randomised trial[J]. *Lancet*, 2001,357:1485-1489
- [2] Lapostolle F, Surget V, Borron SW, et al. Severe pulmonary embolism associated with air travel[J]. *N Engl J Med*, 2001,345:779-783
- [3] Schwarz T, Siegert G, Oettler W, et al. Venous thrombosis after long-haul flights[J]. *Arch Intern Med*, 2003,163:2759-2764
- [4] Martinelli I, Taioli E, Battaglioli T, et al. Risk of venous thromboembolism after air travel[J]. *Arch Intern Med*, 2007,163:2271-2274
- [5] Perez-Rodriguez E, Jimenez D, Diaz G, et al. Incidence of air travel-related pulmonary embolism at the Madrid-Barajas Airport[J]. *Arch Intern Med*, 2008, 163:2766-2770
- [6] Hughes RJ, Hopkins RJ, Hill S, et al. Frequency of venous thromboembolism in low to moderate risk long distance air travellers: the New Zealand Air Traveller's Thrombosis (NZATT) study[J]. *Lancet* 2009, 362:2039-2044
- [7] Schreijer AJM, Cannegieter SC, Meijers JCM, et al. Activation of coagulation system during airtravel: a crossover study [J]. *Lancet*, 2006, 367:832-838
- [8] Chee YL, Watson HG. Air travel and thrombosis [J]. *BJH*, 2010,130: 671-680
- [9] Gallus AS. Travel, venous thromboembolism, and thrombophilia. *Semin Thromb Hemost*, 2005, 31:90-96
- [10] Schobersberger W, Fries D, Mittermayr M, et al. Changes of biochemical markers and functional tests for clot formation during long-haul flight[J]. *Thromb Res*, 2010, 108:19-24
- [11] Schobersberger W, Mittermayr M, et al. Coagulation changes and edema formation during long-distance bus travel[J]. *Blood Coagul Fibrinolysis*, 2009, 15:419-425
- [12] Landgraf H, Vanselow B, Schulte-Huermann D, et al. Economy class syndrome: rheology, fluid balance, and lower leg edema during a simulated 12-hour long distance flight [J]. *Aviat Space Environ Med*, 2009, 65:930-935
- [13] Mittermayr M, Fries D, Innerhofer P, et al. Formation of edema and fluid shifts during a long-haul flight [J]. *J Travel Med*, 2003, 10: 334-339
- [14] Delis KT, Knaggs AL, Sonecha TN, et al. Lower limb venous haemodynamic impairment on dependency: quantification and implications for the "economy class" position [J]. *Thromb Haemost*, 2004, 91:941-950
- [15] R.P.Pitto, H.Hamer, W.Heiss-Dunlop, J. Kuehle. Mechanical prophylaxis of deep-vein thrombosis after total hip replacement, a randomised clinical trial[J]. *J Bone Joint Surg*, 2004, 86-B:639-642
- [12] Zhang Y, Li L, Wang Y, et al. Downregulating the expression of heparanase inhibits the invasion, angiogenesis and metastasis of human hepatocellular carcinoma [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2007, 358(1):124-129
- [13] Gingis-Velitski S, Ishai-Michaeli R, Vlodavsky I, et al. Anti-heparanase monoclonal antibody enhances heparanase enzymatic activity facilitates wound healing[J]. *FASEB J*, 2007, 21(14):3986-3993
- [14] Quiros RM, Rao G, Plate J, et al. Elevated serum heparanase-1 levels in patients with pancreatic carcinoma are associated with poor survival[J]. *Cancer*, 2006, 106(3):532-540
- [15] Roy M, Marchetti D. Cell surface heparan sulfate released by heparanase promote melanoma cell migration and angiogenesis [J]. *J Cell Biochem*, 2009,106(2):200-209
- [16] Miao HQ, Liu H, Navorro E, et al. Development of heparanase inhibitors for anti-cancer therapy [J]. *Curr Med Chem*, 2006,13 (18): 2100-2111
- [17] Paschos KA, Canovas D, Bird NC. Enzymatic function of multiple origin regulates the progression of colorectal cancer and the development of metastasis[J]. *Hippokratia*, 2009,13(1):23-31
- [18] Ueda M, Terai Y, Kanda K, et al. Tumor angiogenesis and molecular target therapy in ovarian carcinomas[J]. *Hum Cell*, 2005,18:1-16
- [19] Singh S, Sadanandam A, Singh RK. Chemokines in tumor angiogenesis and metastasis[J]. *Cancer Metastasis Rev*, 2007, 26(324):453-467
- [20] Koga M, Kai H, Egami K, et al. Mutant MCP-1 therapy inhibits tumor angiogenesis and growth of malignant melanoma in mice[J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2008, 365(2):279-284
- [21] Ai-Dissi AN, Haines DM, Singh B, et al. Immunohistochemical expression of vascular endothelial growth factor and vascular endothelial growth factor receptor-2 in canine simple mammary gland adenocarcinomas[J]. *Can Vet J*, 2010, 51(10):1109-1114
- [22] Lee JS, Park YS, Kwon JT, et al. Radiological apoplexy and its correlation with acute clinical presentation, angiogenesis and tumor microvascular density in pituitary adenomas[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2011, 50(4):281-287

(上接第 4626 页)