

オフィスワーク中心のエグゼクティブの健康増進法

岡山大学 菅 弘之
(共同研究者) 同 高木 都
同 松原 広己
同 荒木 淳一

Health Promotion Method for Executives Mainly Doing Office Works

by

Hiroyuki Suga, Miyako Takaki, Hiromi Matsubara, Junichi Araki

*Department of Physiology II,
Okayama University Medical School*

ABSTRACT

The aim of the present study is to develop a new health promotion method for executives mainly doing office works. A simple and valid method by which the executives can promote their health even during doing office works is needed. In animal experiments using dogs anesthetized with pentobarbital and fentanyl, electrical stimulation (10-20 Hz, 2 msec, 8-10 V, rectangular pulse wave, on-off at every 5 sec) of lower limbs actively elicited intermittent strong lower limbs' skeletal muscle contraction. This muscle contraction enhanced markedly systemic arterial blood pressure, heart rate, left ventricular end-systolic pressure and lower limb's venous pressure. We sampled blood during muscle contraction and measured plasma catecholamine levels. Plasma catecholamine levels increased from the control (without muscle contraction).

These results indicated that electrical stimulation of lower limbs effectively enhanced the systemic (and peripheral) circulatory function. In supine healthy volunteers (n=13), two-legged exercise by wearing

specially made shoes attached with rubber belts increased significantly systolic arterial blood pressure from 123 ± 15 to 136 ± 15 mmHg, mean arterial blood pressure from 81 ± 12 to 88 ± 12 mm Hg and heart rate from 70 ± 11 to 93 ± 31 beats/min. These results suggest the possibility that even the moderate two-legged exercise can promote the peripheral circulatory function and cardiopulmonary function.

We conclude that the lower limb stimulation in animals and the two-legged exercise in healthy volunteers are effective methods for improving the muscle activity of lower limbs, peripheral circulatory function and cardiopulmonary function. If we can develop a more appropriate stimulation method without noxious stimuli and a more appropriate exercise mode, stimulation of lower limbs and two-legged exercise could be permissive methods for improving the muscle activity of lower limbs, peripheral circulatory function and cardiopulmonary function for busy executives even during doing office works.

要 旨

能動的に運動をする余裕のない多くの現代人、とくにオフィスワークが中心になっており、能動的な運動を行う余裕のないエグゼクティブのような、日常生活の中で身体活動度が低下している現代人の健康増進を目的として、横臥位休息時に下肢骨格筋に連続的にプログラムされた電気刺激等の刺激を与えて下肢運動をさせることにより、下肢骨格筋の有酸素的持久力の増加、ならびに静脈還流量の増加、心拍出量の増加により心肺機能の増進を図る方法の開発を目指し本研究を行った。まず、犬を用いた動物実験で、下肢骨格筋を適正な刺激方法と刺激条件で刺激し、不随意的に能動的に運動させることにより、多くの例で、全身血圧の上昇、心拍数の増加、左心室収縮期末圧の上昇、血中カテコールアミンの増加、下肢静脈圧の上昇など、循環動態パラメータは、循環機能亢進を示した。

次に、健康なボランティアを対象に、横になっ

かせ、下肢運動を行わせた結果、最小血圧は増加せずに、最大血圧、平均血圧、心拍数は有意に増加した。したがって、下肢運動は下肢骨格筋力および心肺機能の増進に有効な方法であった。

緒 言

能動的に運動をする余裕のない多くの現代人、とくにオフィスワークが中心になっており、能動的な運動を行う余裕のないエグゼクティブのような、日常生活の中で身体活動度が低下している現代人の健康増進を目的として、横臥位休息時に下肢骨格筋に連続的にプログラムされた電気刺激等の刺激を与えて下肢運動をさせることにより、下肢骨格筋の有酸素的持久力の増加、ならびに静脈還流量の増加、心拍出量の増加により心肺機能の増進を図る方法の開発を目指し本研究を行う。まず、犬を用いた動物実験で、下肢骨格筋を適正な刺激方法と刺激条件で刺激し、不随意的に能動的に運動させることにより、全身血圧、心拍数、左心室収縮期末圧、血中カテコールアミン濃度、下肢静脈圧などの循環動態パラメータの変化を調べ

ることにより、循環機能が亢進するかどうかを評価した。

次に、健康なボランティアを対象に、横になっただまま、ゴムバンドのついた特殊な靴を両足に履かせ、下肢運動を行わせた後、最大血圧、平均血圧、心拍数の変化を調べ循環機能が亢進するかどうかを評価した。このような動物実験とボランティアの実験で得られた結果から、下肢運動は下肢骨格筋力および心肺機能の増進に有効な方法でありうるかどうかを検討した。これらの結果をもとに、ヒトとくにオフィスワーク中心で、運動不足に陥りやすいエグゼクティブの、仕事をしながらでもできる末梢循環機能および心肺機能の増進に有効な下肢骨格筋の運動・刺激方法の確立に有意な基礎的知見を得ることを目的とした。

1. 研究方法

1.1 動物実験

実験には雑種成犬を用い、ネンプタールおよび痛みを防ぐためにフェンタニール麻酔下で胸骨正中切開を行い、開胸下で容積計測用コンダクタンスカテーテルと、カテ先圧センサーを左心室内に挿入し、左心室-圧容積関係を求め、下肢刺激前後の心臓のポンプ機能の変化を観察した。また、大腿静脈にカテーテルを挿入し刺激中の静脈圧を測定した(実験Ⅰ)。また、閉胸下で、全身血圧と心拍数を、頸動脈にカニューレを挿入し、圧トランスデューサを介し同様に計測した(実験Ⅱ)。また、下肢刺激の前後で、頸動脈から血液をサンプリングし、血中カテコールアミン濃度を測定した(実験Ⅲ)。

下肢刺激の方法は次の3種類を試みた。1) 針電極を下肢骨格筋に挿入し、電気刺激装置で種々の条件で刺激を行う。2) 市販のコードレスマッサージ器を犬の下肢骨格筋に装着し、もみ、たたき、振動の各モードで強さを変えて刺激する。3) 心電図四肢誘導用の電極を、生理食塩水で十分濡

らした後、装着し、様々の条件で刺激を行う。

1.2 ボランティアによる実験

健康な若い(20歳代)ボランティア13名を対象とした。ベッドに仰臥した状態で、手首の橈骨動脈にセンサーを装着し連続的に最大血圧、最小血圧、平均血圧、心拍数をJENTOW 7700(日本コーリン社製)を用いてモニターし、1分ごとにサンプリングしたデータを必要に応じてUR 770プリンタに出力した。

両足には4本のゴムバンド付きの特殊な靴をはかせ、バンドはおのおの2本ずつ足元のベッドの棚とボランティアに巻かせた腰帯に固定した。バンドの長さはボランティアの足の長さで調節した。まず安静な状態でコントロールの記録をほぼ5分間行った後、両足の下に敷いた滑り板の上で両足を交互に一定のリズム(60-100回/分)でほぼ5分間屈伸運動をさせた(Two-legged Exercise)ときの記録をとった。運動停止後最大血圧、最小血圧、平均血圧、心拍数がもとに回復するまで連続的な記録を続けた。

この下肢運動と比較するために、ハンドグリップ運動を2分間から最高5分間行い、同様のプロトコールで連続的に最大血圧、最小血圧、平均血圧、心拍数を記録した。

2. 研究結果

2.1 動物実験の結果

まず、(実験Ⅱ)の例で刺激方法の検討を行った。1)の針電極を使用したのが、侵害刺激になったと思われるので中止した。ついで2)の市販のコードレスマッサージ器を使用したのが、血圧の変化はまったく見られず、刺激開始15分後心拍数は逆に96回/分から72回/分と減少した。したがって、この方法も中止し、次に3)の心電図四肢誘導用電極を刺激電極にし刺激条件を様々に変えて検討した。5 Hz, 2 msec, 6 V および10 Hz, 2 msec, 6 V の矩形波で10分間刺激すると、血圧

の変化は見られなかったが、心拍数はそれぞれ72回/分から81回/分へ、84回/分から102回/分に増加した。刺激中止後は回復の傾向を示した。

また、20 Hz, 2 msec, 8-10 V の矩形波で20分間の刺激は、血圧の変化は見られなかったが、心拍数は177回/分から最高の204回/分まで増加した。刺激中止後は、回復を示した。

次に(実験 I)の結果は、心電図電極による下肢刺激を、10 Hz, 2 msec, 6-10 V で10分間行った例では、心拍数は不変で、左心室圧は刺激中かなりの減少を示した。そこで、次に10 Hz および20 Hz, 2 msec で8-10 V の矩形波で、5秒ごとに、ON-OFF を繰り返す刺激を与えた。10 Hz では、一拍当たりの拍出量、左心室の収縮期末圧ともに12-20%に減少した。20 Hz では、刺激開始3分後に、一拍当たりの心拍出量は9%増加、左心室の収縮期末圧は26%増加した。刺激中止後は少し回復したが、完全な回復は観察時間中には見られなかった。そこで、同じ刺激条件でもっと強い(22 V)刺激を与え、下肢のキック運動をさせながら左心室圧-容積関係を計測した。

刺激を開始してから、25分後に左心室圧は83から92 mm Hg と11%の増加を示し、心拍数は、198回/分から204回/分と3%の増加を示したが、刺激中止後、すぐには回復しなかった。十分な間隔をあけた後、再び下肢刺激を始めると、35分後に83 mmHg から93 mmHg まで、20%の左心室圧の上昇が見られた。心拍数は刺激中止後20分してから194回/分から148回/分に24%の減少を示した。さらに時間経過をおくと刺激前の心拍数に戻った。大腿静脈の静脈圧は刺激中は顕著に上昇し、骨格筋ポンプの十分な働きが見られた。

(実験 III)の結果は、(実験 I)

で下肢刺激により心拍数、左心室圧ともに増加を示した例では、刺激前に比べアドレナリンは0.10 ng/ml, ノルアドレナリンは0.14 ng/ml の増加を示した。(実験 II)で心拍数が下肢刺激により増加した例で、アドレナリンは、刺激前に比べ最高6.05 ng/ml 増加し、ノルアドレナリンは最高0.62 ng/ml 増加した。

2.2 ボランティアによる実験の結果

図1に示すのが典型的な反応である。仰臥したまま下肢運動を行うと最大血圧は110 mmHg から最高133 mmHg まで上昇し、下肢運動の間中上昇したままであるが、下肢運動を止めると直ちにコントロール値に回復している。平均血圧も同じ傾向を示している。しかし、最小血圧はコントロールに比べ上昇していない。心拍数は、コントロール値が61-67拍/分 (beats/min) であったのが下肢運動の間は、最高113拍/分まで増加している。下肢運動停止後、心拍数は直ちにコントロール値に回復している。13例中の6例がこの反応パターンを示した。

図2に示すのは、下肢運動停止の回復が少なくとも記録中は見られず、最大血圧、平均血圧が上昇したままの例である。しかし、心拍数は直ちに

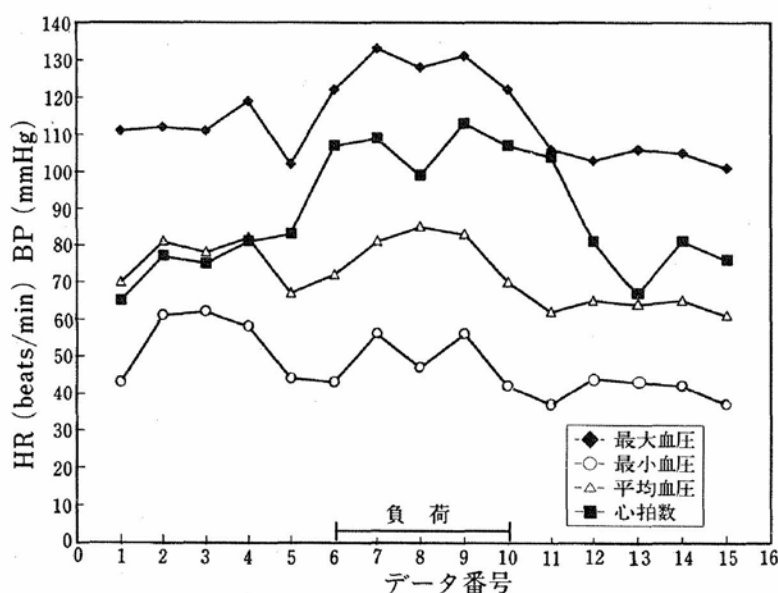


図 1

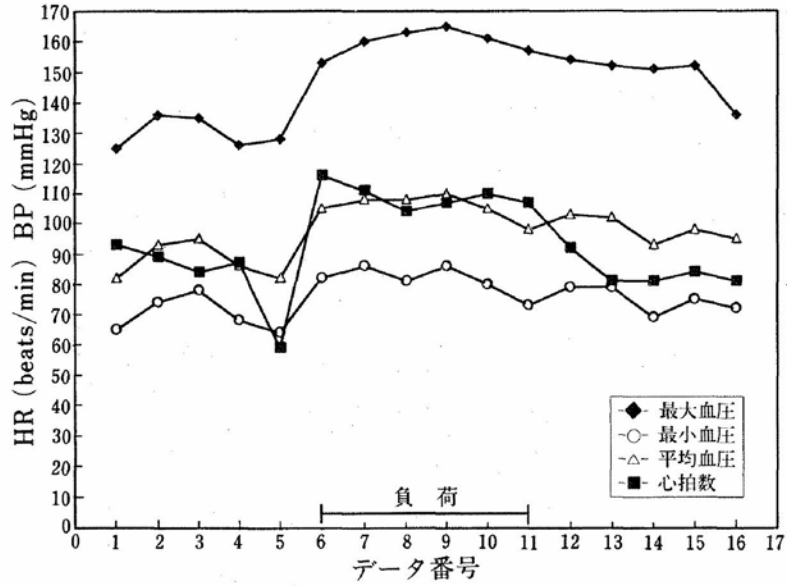


図 2

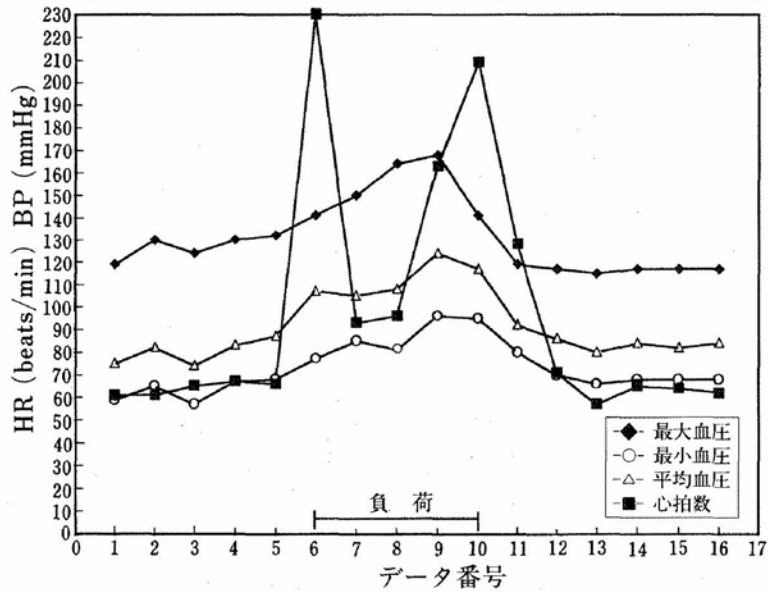


図 3

コントロール値に回復している。このような反応は13例中の4例でみられた。図3は、下肢運動中は最大血圧、最小血圧、平均血圧は持続的に上昇を示し、下肢運動停止後は直ちにコントロール値に回復しているが、心拍数は下肢運動中に顕著な二峰性の増加を起こしている例を示す。このような反応は13例中の2例でみられた。残りの1例のみは、下肢運動をしても最大血圧、最小血圧、平均血圧はまったく増加反応を示さず、むしろ減少傾向を示した。しかしこの例では、コントロー

ル値が他の例と異なり高かった（最大血圧=150 mmHg 前後）。

図4はこれら13例の平均値を示す。最大血圧、平均血圧および心拍数は下肢運動中に統計的に有意な増加を示した。一方、最小血圧は変わらなかった。表1はこれらの数値データを示す。コントロール値の最大値と最小値を見ると各ボランティアの最大血圧、最小血圧、平均血圧および心拍数はかなりばらついているが、下肢運動によりほぼ全例で最大血圧、平均血圧および心拍数は増加反応を

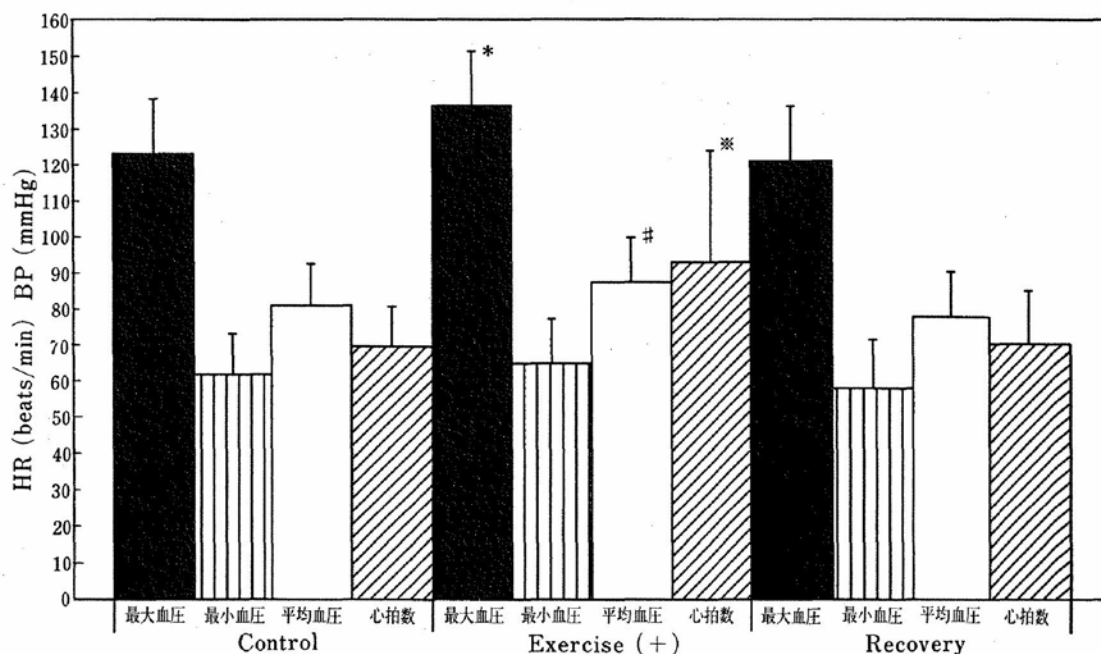


図4 下肢運動・平均

表 1

	Control				Exercise (+)				Recovery			
	最大血圧	最小血圧	平均血圧	心拍数	最大血圧	最小血圧	平均血圧	心拍数	最大血圧	最小血圧	平均血圧	心拍数
最小値	97	43	63	51	112	37	66	59	73	24	42	51
最大値	161	102	123	101	168	96	124	230	154	102	105	128
合計	8,128	4,076	5,346	4,594	10,371	4,931	6,654	7,073	8,600	4,119	5,529	4,990
データ数	66	66	66	66	76	76	76	76	71	71	71	71
平均	123	62	81	70	136	65	88	93	121	58	78	70
標準偏差	15	12	12	11	15	12	12	31	15	14	13	15

表 2

	Control				Exercise (+)				Recovery			
	最大血圧	最小血圧	平均血圧	心拍数	最大血圧	最小血圧	平均血圧	心拍数	最大血圧	最小血圧	平均血圧	心拍数
最小値	105	43	59	53	120	54	71	57	103	46	63	50
最大値	162	107	122	94	225	152	173	109	179	107	122	89
合計	8,586	4,325	5,621	4,188	21,580	11,898	15,108	10,863	8,970	4,449	5,846	4,236
データ数	66	66	66	66	139	139	139	139	68	68	68	68
平均	103	66	85	63	155	86	109	78	132	65	86	62
標準偏差	14	13	13	6	19	20	20	12	17	13	13	7

示したことがわかる。最大血圧は、111%に、平均血圧は109%に、心拍数は133%に増加した。しかし、最小血圧は上昇しなかった。表2はハンドグリップ運動を下肢運動の代わりに続けられるだけ行ったとき(2分-5分間)の結果をまとめたものである。最大血圧は150%に上昇し、最小血圧も下肢運動の場合と異なり、130%に上昇し、心拍数も120%に増加している。最大血圧の回復も下肢運動に比べ少し遅い傾向を示している。

3. 考 察

今回、開胸下および閉胸下での麻酔した犬での循環動態の下肢刺激による変化を検討したが、まず刺激方法および刺激条件は、できるだけ侵害刺激にならないように、しかも isometric と isotonic の運動をうまく組み合わせた運動が最も骨格筋ポンプとして有効と思われる。ボランティアが仰臥したまま行った下肢運動でも、このポンプの働きを活性化して静脈還流量を増加させ心臓の収縮性が増加し、心拍出量の増加、さらに全身の血圧の上昇が期待されるわけである。さらに末梢の酸素消費の増加がもたらす PO_2 低下の情報が中枢に入力され反射的に交感神経活動が増加する結果、やはり心拍数の増加に見られるような心機能の亢進が期待されるわけである。さらに、下肢運動はハンドグリップ運動のように、最小血圧(弛緩期血圧)はあげないので、高血圧の患者でも適用できる利点があると思われる。

本研究で自発的に行った横臥位の両脚の屈伸運動が有効であったので次段階として“非自発的な”横臥位の両脚の屈伸運動を検討していきたい。現段階では、動物実験ではまだ顕著な心機能亢進が得られる下肢骨格筋の刺激条件が確立できていないが、少なくとも、全身血圧の上昇、左心室圧の上昇、心拍数の増加等のどれかの効果が全実験例数5例中1例を除いて全例で見られたので、さらに、刺激条件等を検討すれば、十分な心機能亢進

が得られる条件を見つけることができると思われる。これらの基礎実験の結果は、オフィスワーク中心で、運動不足に陥りやすいエグゼクティブが仕事をしながらでも単位面積当たりの筋出力を増加させ、筋肉をよりよい状態に保つためのみならず、末梢循環機能および心肺機能の増進に有効な下肢骨格筋の運動・刺激方法の確立に有意な基礎的知見になりうると思われる。

4. 結 論

犬を用いた動物実験で、下肢骨格筋を適正な刺激方法と刺激条件で刺激し、不随意的に能動的に運動させることにより、多くの例で、全身血圧の上昇、心拍数の増加、左心室収縮期末圧の上昇、血中カテコールアミンの増加など循環動態パラメータは、循環機能亢進を示した。健康なボランティアによる実験の結果は、仰臥したままでも適当な下肢運動を行えば、循環機能改善により健康増進をはかることができる可能性を示唆している。今後、動物実験および健康なボランティアによる実験を重ね、より適正な条件の開発を目指したい。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、JENTOW 7700 と UR 770 プリンタを貸していただいた株式会社日本コーリンと、下肢運動に用いた特製のゴムバンド付き靴セットを提供いただいた丸五ゴム工業株式会社、ならびにボランティアとして協力いただいた岡山大学医学部3年生有志(平成4年入学)に感謝いたします。

参考文献

- 1) Hanson, J. et al.; Long-term physical training and cardiovascular dynamics in middle-aged men, *Circulation*, **38**, 783-789 (1968)
- 2) Nielsen, B. et al.; Cardiovascular, hormonal and body fluid changes during prolonged exercise, *Europ. J. Appl.*, **53**, 63-70 (1984)

- 3) 鈴木洋児 ; 中高年齢者の運動と方法—インターミッ
テント・エクササイズ, 労働の科学, 36, No. 10,
10-15 (1982)
- 4) 石川利寛, 竹宮 隆編 ; 持久力の科学, 杏林書院,
東京, 1-289 (1994)
- 5) Magnusson, G. et al. ; Cardiovascular respo-
nses during one- and two-legged exercise
in middle-aged men, *Acta. Physiol. Scand.*
150, 353-362 (1994)