九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

若年性動揺性高血圧者の運動時の体温調節反応に関する研究

藤島, 和孝
九州大学健康科学センター

藤野, 武彦
九州大学健康科学センター

大柿, 哲朗
九州大学健康科学センター

小室, 史恵
九州大学健康科学センター

https://doi.org/10.15017/410

出版情報：健康科学. 6, pp.59-65, 1984-03-30. 九州大学健康科学センター
バージョン：
権利関係：

若年性動揺性高血圧者の運動時の体温調節反応に関する研究

藤島和孝*, 藤野武彦*
大柿哲朗*, 小室史恵*

Thermoregulatory Responses During Submaximal Exercise in Young Labile Hypertensives

Kazutaka FUJISHIMA*, Takehiko FUJINO*
Tetsuro OHGAKI*, and Toshie KOMURO*

The purpose of this study was to observe the characteristics of thermoregulatory responses during exercise in young labile hypertensives. A young labile hypertension group (LHG) (n=6) and the control (CG) (n=6) group pedalled a Monark bicycle ergometer at the work rate of 600 kpm/min for 20 min in the temperate environment. Tympanic and skin temperatures, heart rate, systolic blood pressure and sweating responses were measured of subjects in both groups during the work.

The result is summarized as follows:

1. The mean skin temperature during exercise showed an increased rate in LHG than in CG.
2. The subjects in LHG at rest represented sinus tachycardia in comparison with CG, but no significant difference was observed in the increases of heart rate during exercise in both groups.
3. The increased rate of systolic blood pressure during exercise was higher in CG compared with LHG.
4. The relationship between body temperature (tympanic and mean body temperatures) and heart rate exhibited a high correlation coefficient in LHG during exercise and recovery periods.
5. There were no obvious differences between LHG and CG in sweating responses and heat storage during exercise.

These results seem to suggest that thermoregulatory responses during exercise in hypertensives are qualitatively different from those in normal subjects, and these will offer interesting insights in a further consideration of exercise therapy in hypertensive.
(Journal of Health Science, Kyushu University, 6: 59～65, 1984)

* Institute of Health Science, Kyushu University 11, Kasuga 816, Japan

緒論

高血圧者における安静時または心理的および温熱刺激に対する循環動態は，正常血圧者のそれとは異なるといわれている[3)5)8)12)]。また運動が高血圧の治療に有効であると報告されている[1)2)7)]。本研究は，高血圧者の運動療法の基礎資料を得るために，若年性動揺性高血圧者と正常血圧者の運動時の体温調節反応の特徴を比較検討した。

方法

1. 対象

定期健康診断で収縮期血圧が 140mmHg 以上を示した大学生男子を選択した。その後，3日間連続して血圧測定し，3日間とも収縮期血圧が 150mmHg 以上であったもの（6人）を若年性動揺性高血圧群（LHG）とした。なお，この被験者に循環器系の精密検査を行った結果，2次性高血圧は否定され，さらに高血圧による2次性変化も認めなかった。一方，血圧異常のない健康男子（6人）を正常対照群（CG）とした。両群の身体的特徴は表1に示した。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Groups	$\dot{V}O_2$ max ml/kg/min	SBP mmHg	N	Age yr	Ht cm	Wt kg	BSA m^2
CG	44.7 (7.3)	114.0 (13.4)	6	18.8 (0.8)	170.2 (5.7)	63.5 (10.6)	1.69 (0.16)
LHG	37.3 (5.0)	139.7** (7.3)	6	20.0 (1.3)	169.1 (4.4)	60.9 (8.1)	1.65 (0.12)

Values are means (±SD). CG, control group; LHG, labile hypertension group; N, no. of subjects; BSA, body surface area. **P<0.01 significantly different from CG.

2. 実験方法

被験者は，短パンツだけを着用し，運動負荷前に40—60分間，室温（平均±標準偏差）26.0±0.7℃，湿度（平均±標準偏差）64±3％で安静後，同環境条件下で自転車エルゴメーター（モナーク社製）を用いて，600 kpm（2kp で 50rpm）の運動を20分間行なった。負荷終了後，負荷前の環境下で10分間安静状態を保持した。

測定項目は鼓膜温，皮膚温，発汗量，発汗開始時間，収縮期血圧，心拍数とした。鼓膜温（Tty）は外耳孔から 2.0〜2.3cm の位置で，また皮膚温は胸，上腕，大腿および下腿でそれぞれ測定した。平均皮膚温（$\bar{T}$sk）は，Ramanathan[11)]による $\bar{T}sk=0.3$（胸部温＋上腕部温）＋0.2（大腿部温＋下腿部）を用い，平均体温（$\bar{T}$b）は，Hardy と Stolwijk[6)]による $\bar{T}b=0.9\times Tty+0.1\times \bar{T}sk$ からそれぞれ算出した。なお，鼓膜温および皮膚温は，多点式サーミスター（エラブ社製）を使用し，1分ごとに測定した。

全身発汗量は，電子はかり（新光電子社製，精度±10g）を用いて，運動負荷前後の体重差から求めた。局所発汗量は，胸部 64m² で Ohara[10)] の濾紙法を応用し，運動負荷前後の濾紙の重量差から算出した。発汗開始時間は，Minor 法[9)] を用い，背部皮膚面において“歴然と黒点が認められた時間(＋)”で決定した。

心拍数は胸部双極誘導によって連続記録した心電図から，1分ごとに算出した。血圧は通常のマンセットを用いて，5分ごとに測定した。

結果

1. 体温，皮膚温，心拍数および血圧

20分間の運動負荷による2群の鼓膜温，平均皮膚温平均体温，心拍数および収縮期血圧の変動を表2，図1および図2に示す。

鼓膜温は，運動開始後，LHG で5分間，CG で8分間の潜伏時間を経て漸次上昇し，LHG では12分後から，CG では16分後から負荷前値よりそれぞれ有意に上昇した。LHG および CG での20分間の上昇量は0.67℃ および 0.53℃であったが，2群間に有意差がなかった。負荷終了後では，2群とも2—3分間わずかに上昇し，その後経時間に下降したが，負荷終了10分後値は，負荷前値よりそれぞれ有意に高かった。

平均皮膚温は，2群とも運動開始後4—5分間の潜時を経て漸次上昇し，LHG では12分後から，CG で

Table 2. Body temperatures (Tty and $\bar{T}$b), mean skin temperature ($\bar{T}$sk), heart rate (HR), and systolic blood pressure (SBP) of control (CG) and labile hypertension (LHG) groups

		CG	LHG
Tty	Pre	36.50(0.32)	36.70(0.26)
℃	End	37.03(0.38)*	37.37(0.30)**
	Rec	36.97(0.38)*	37.22(0.39)**
$\bar{T}$sk	Pre	33.63(0.38)	33.26(0.84)
℃	End	35.64(0.40)**	35.90(0.66)***
	Rec	34.62(0.54)**	34.77(1.08)*
$\bar{T}$b	Pre	36.21(0.31)	36.36(0.32)
℃	End	36.89(0.36)**	37.22(0.33)**
	Rec	36.73(0.39)*	36.97(0.45)*
HR	Pre	72.8(4.3)	92.5(16.4)[a]
beats/min	End	136.5(24.8)***	166.0(13.4)[a]***
	Rec	87.3(12.6)*	118.0(20.2)[a]
SBP	Pre	114.0(13.4)	139.7(7.3)[b]
mmHg	End	163.7(10.1)***	174.8(19.7)**
	Rec	104.8(11.8)	122.0(9.6)[a]**

Values are means (±SD). Tty, tympanic temperature; $\bar{T}$b, mean body temperature; Pre, 0 min before exercise; End, 20 min after the start of exercise; Rec, 10 min after exercise. *P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001 from corresponding pre-exercise value. [a]P<0.05, [b]P<0.01 significantly different from CG.

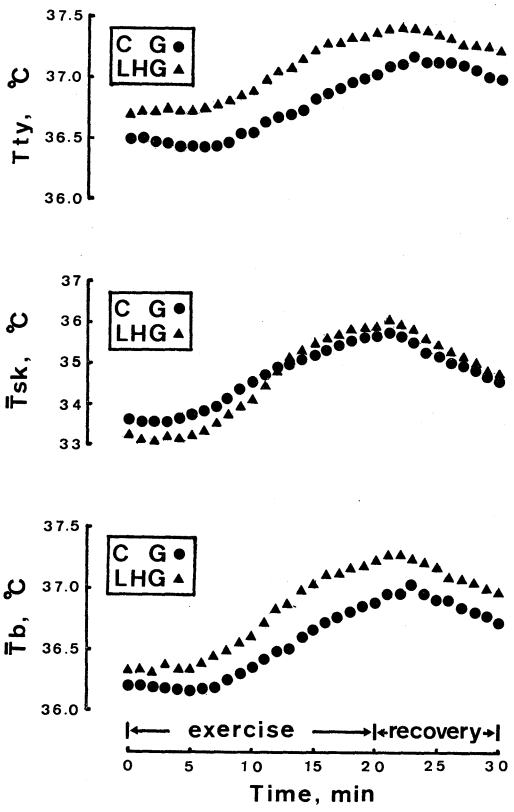

Fig. 1. Comparison of means of tympanic (Tty), mean skin ($\bar{T}$sk) and mean body ($\bar{T}$b) temperatures during and after submaximal exercise of two groups. CG, control group (n=6); LHG, labile hypertension group (n=6).

は9分後から負荷前値よりそれぞれ有意に上昇した。LHG および CG での20分間の上昇量は 2.64℃ および 2.01℃ であったが，2群間に有意差はなかった。負荷終了後では，2群とも負荷終了直後に負荷終了時値値を維持し，その後経時的に下降した。負荷終了10分後値は，2群とも負荷前値より有意に高かった。

平均体温は，運動開始後，LHGで5分間，CGで7分間の潜時を経て漸次上昇し，LHGでは12分後から，CG では15分後から負荷前値よりそれぞれ有意に上昇した。LHG および CG での20分間の上昇量（上昇率）は 0.86℃（2.4%）および 0.68℃（1.9%）であた。LHG での上昇は CG に比し大きい傾向を示したが，有意差がなかった。負荷終了後では，2群とも2－3分間負荷終了時値を維持し，その後経時的に下降した。LHG および CG での負荷終了10分後値は，負荷前値に比し 0.61℃ および 0.52℃ それぞれ高かったが，2群間に有意差がなかった。

心拍数は，負荷開始前値で LHG が CG より有意に多かった（表2）。2群とも運動開始直後に一過性に増加し，その後経時的にわずかに増加しながらほぼ定常状態を示した。運動中の心拍数は，LHG が CG より有意に多かった。しかし，LHG および CG での20分間の増加量（増加率）は 74拍/分（79%）および 64拍/分（88%）であり，2群間に有意差がなかった。負荷終了後でも LHG が CG より有意に多かった

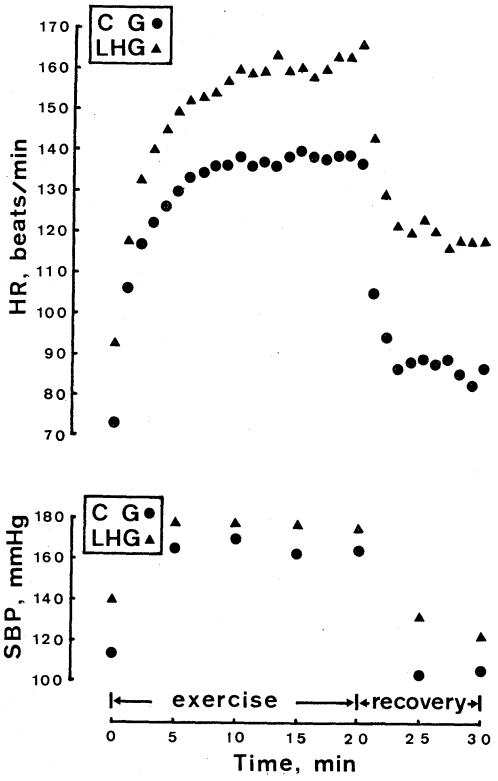

Fig. 2. Comparison of means of heart rate (HR) and systolic blood pressure (SBP) during and after submaximal exercise of two groups. CG, control group (n=6) ; LHG, labile hypertension group (n=6).

が，2群とも終了直後に一過性の減少を示し，その後経時的にわずかに減少した（図2）。LHG および CG での負荷終了後10分後値は，負荷前値に比し 26拍/分および 15拍/分それぞれ多かったが，2群間に有意差がなかった（表2）。

収縮期血圧は，2群とも運動開始に伴い負荷前値より有意に上昇し，その後負荷終了時までほぼ定常状態を維持した。LHG および CG での20分間の上昇量は 35mmHg および 50mmHg であり，CG が LHG より大きい傾向を示した。負荷終了後では，LHG が CG より有意に高かったが，2群とも経時的に下降し，終了後5分および10分後値は，負荷前値よりむしろ低値を示した（図2）。LHG および CG での負荷終了10分後値は，負荷前値に比し 18mmHg および 9 mmHg それぞれ低く，LHG が CG より有意に下降した（表2）。

2. 体温と心拍数との相関

運動中および回復期での体温と心拍数の関係を図3および表3に示す。

若年性動揺性高血圧群（LHG）および正常対照群（CG）での運動中と回復期の平均体温と心拍数との間に相関があった（図3）。運動中での2群の鼓膜温および平均体温は，運動開始6－8分後から負荷終了時まで，心拍数との相関が高かった。回復期での2群の鼓膜温および平均体温は，負荷終了2－3分後から心拍数との相関があり，特に LHG で有意に高かった（表3）。

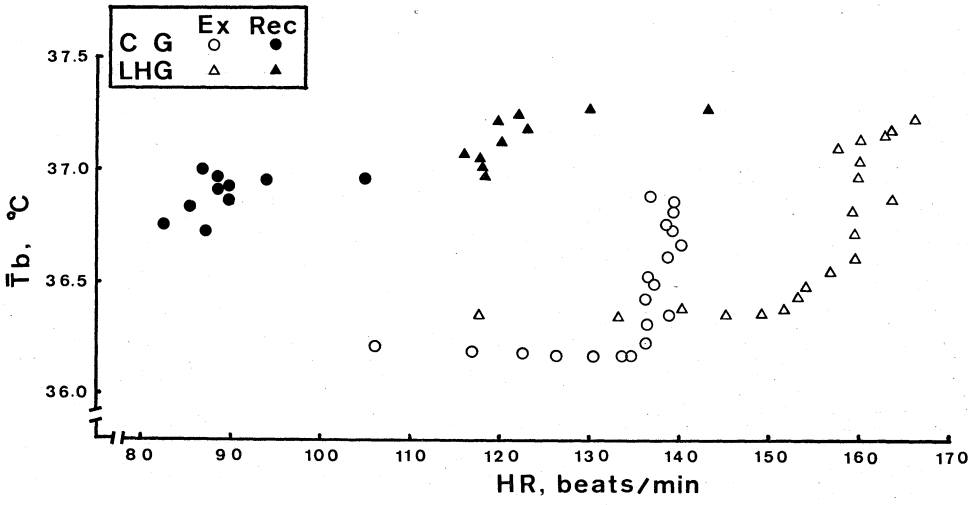

Fig. 3. Relationship between mean body temperature ($\bar{T}b$) and heart rate (HR) during exercise (Ex) and recovery period (Rec) of two groups. CG, control group (n=6) ; LHG, labile hypertension group (n=6). Data points are average from each subjects.

Table 3. Regression coefficient (a) of body temperatures (Tty and $\bar{T}b$) on heart rate, body temperatures intercept (b), and correlation coefficient (r) of control (CG) and labile hypertension (LHG) groups

Groups		Time, min		a	b	r	SEE
CG							
	Ex	8-20	Tty	0.0559	29.05	0.47	0.16
		6-20	$\bar{T}b$	0.0824	25.22	0.68**	0.16
	Rec	3-10	Tty	0.0134	35 91	0.46	0.06
		3-10	$\bar{T}b$	0.0168	35.41	0.43	0.09
LHG							
	Ex	6-20	Tty	0.0455	29.83	0.81***	0.13
		6-20	$\bar{T}b$	0.0603	27.25	0.82***	0.17
	Rec	2-10	Tty	0.0144	35.59	0.78*	0.05
		2-10	$\bar{T}b$	0.0213	34.56	0.78*	0.07

Tty, tympanic temperature ; $\bar{T}b$, mean body temperature ; Ex, exercise period ; Rec, recovery period ; SEE, standard error of estimates of body temperatures. *P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001.

3. 発汗応答および体熱量

運動中での発汗応答および体熱量を表4に示す。若年性動揺性高血圧群（LHG）および正常対照群（CG）での発汗開始時間は，それぞれ8.2分および8.7分であり，2群間に顕著な差がなかった。2群での発汗開始時の鼓膜温，平均皮膚温および平均体温は，負荷前値に比し，いずれも有意差がなく，また2群間にも著明な差がなかった（表4）。

LHG および CG での発汗開始時の心拍数は，負荷前値に比し 61 拍/分および 63 拍/分それぞれ増加した。発汗開始時の心拍数は，CG に比し LHG で大きい傾向を示したが，有意差がなかった（表4）。

LHG および CG での全身発汗量は 128 g/m²/20分および 162 g/m²/20分であった。また2群での局所発汗量は 0.88—1.00 g/64m²/20分であった。全身および局所発汗量は，2群間に顕著な差がなかった（表4）。

LHG および CG での体熱量は 30.4 W/m²/20分および 24.2 W/m²/20分であり，2群間に有意差がなかった（表4）。

Table 4. Body temperatures (Tty and $\bar{T}b$), mean skin temperature ($\bar{T}sk$), and heart rate (HR) at time of sweat onset (TSO) of two groups. Sweat rate (SR) and heat storage (S) at the end of 20 min exercise

Groups	TSO min	Tty ℃	$\bar{T}sk$ ℃	$\bar{T}b$ ℃	HR beats/min	SR g/m²/h	SR g/64cm²/20min	S W/m²/h
CG	8.7	36.63	34.18	36.27	135.3	486	0.88	72.6
	(2.1)	(0.27)	(0.41)	(0.29)	(21.0)	(158)	(0.40)	(14.1)
LHG	8.2	36.80	33.72	36.40	153.8	384	1.00	91.2
	(0.7)	(0.24)	(0.92)	(0.30)	(11.8)	(63)	(0.46)	(12.2)

Values are means (±SD). Tty, tympanic temperature ; $\bar{T}b$, mean body temperature ; CG, control group ; LHG, labile hypertension group. g/64cm² ; sweat rate on chest area.

考　察

安静時での深部体温が CG に比し LHG で高いことが観察されている[5]。本実験では，運動開始前の鼓膜温が CG より LHG で高い傾向を示した。運動開始時の鼓膜温および平均体温の潜時は，LHG が CG に比しわずかに短く，平均皮膚温のそれは，両群で差がなかった。運動前に対する終了時での平均皮膚温の上昇量は，鼓膜温および平均体温のそれに比べて，LHG が CG より大きい傾向を示した（表2）。これは，体力差ならびに相対的運動強度の差と解釈するよりも，むしろ運動時の皮膚血流量や末梢血管抵抗などの要因が考えられる。

若年性・動揺性高血圧者に頻脈がみられ，これは，カテコラミンの心臓作用によると推測されている[4)8)12)]。本実験では，運動開始前の心拍数が CG に比し LHG で多かった（表2）。運動中での心拍数の経時的増加率は，両群の負荷前値の差を保持して上昇した。これは，運動時の1回拍出量が CG に比し LHG でかなり少ないことを示唆した。

本実験での運動中の収縮期血圧は両群で差がなく，負荷前に対する運動時の上昇率が LHG よりむしろ CG で大きかった。このことは，運動時の1回拍出量が LHG に比し CG でかなり増大することを示唆した。

本実験では，運動時での心拍数に対する鼓膜温および平均体温の回帰係数は，それぞれ LHG より CG でわずかに大きく，回復期では，両群ともほぼ同じであった。これらの結果は，両群での運動による体温上昇を心拍数から推定できることを示唆した。

本実験では，発汗開始は両群とも鼓膜温，平均皮膚温および平均体温の有意な上昇を伴わなかった。発汗開始時の心拍数は，両群とも負荷前値より有意に増大したが，その増加量は両群間に差がなかった。

本実験では，発汗量は LHG より CG がわずかに多く，体熱量は CG より LHG がやや大きい傾向を示したが，いずれも顕著な差がなかった。

要　約

若年性動揺性高血圧群（LHG）と正常対照群（CG について，常温環境下で自転車エルゴメーターを用いて，強度 600 kpm/min の運動負荷を行なった。その結果，次のような知見を得た。

1．運動時の平均皮膚温の上昇率は，LHG が CG に比し大きい傾向を示した。

2．安静時での LHG は CG に比し頻脈者が多く，運動時の心拍数の増加率は，両群間に差がなかった。

3．運動時の収縮期血圧の上昇率は，CG が LHG に比し大きかった。

4．LHG での運動時ならびに回復期の心拍数に対する鼓膜温および平均体温との相関は高かった。

5．発汗応答および体熱量は，両群間に著明な差がなかった。

これらの結果は，高血圧者の運動時の体温調節反応が正常血圧者のそれと異なることを示唆し，また高血圧者の運動療法を考慮するうえで，興味ある知見を提供した。

（なお，本研究の要旨は，日本体育学会第33回大会で発表した。）

文　献

1）Boyer, J. L. and Kasch, F.: Exercise therapy in hypertensive men. JAMA, 211：1668-1671, 1970.

2）Choquette, G. and Ferguson, R. J.: Blood pressure reduction in "borderline" hypertensives following physical training. C. M. A. Journal, 108：699-703, 1973.

3）藤野武彦，武谷溶，森田ケイ，西山スガ，伊規須英輝，山口剛：若年性，動揺性高血圧症への寒冷昇圧試験の応用．健康科学，1：75—80，1979.

4）藤野武彦，武谷溶，藤島和孝，森田ケイ，宇都宮弘子：若年性，動揺性高血圧者の血行動態に対する寒冷刺激と β—遮断剤の効果．健康科学，3：115—120，1981.

5）藤島和孝，藤野武彦，宇都宮弘子，西山スガ，武谷溶：末梢冷却刺激の体温調節反応ならびに心臓管反応に及ぼす影響．健康科学，2：17—23，1980.

6）Hardy, J. D. and Stolwijk, J. A. J.: Partitional calorimetric studies of man during exposures to thermal transients. J. Appl. Physiol., 21：1799-1806, 1966.

7）片岡幸雄，生山匡，和田光明，佐野裕司，小山内博：身体トレーニングが高血圧症の改善に及ぼす効果に関する研究．体力研究，36：52-66，1977.

8）森田ケイ，武谷溶，藤野武彦，西山スガ，山口剛：若年性，動揺性高血圧症への心理学的アプロ

ーチ．健康科学，1：69—73，1979.
9）緒方維弘：体温とその調節，生理学大系Ⅳ—1．医学書院．東京．1970，678.
10) Ohara, K.: Chloride concentration in sweat: Its individual, regional, seasonal and some other variations and interrelations between them. Jap. J. Physiol., 16: 274-290, 1966.
11) Ramanathan, N. L.: A new weighting system for mean surface temperature of the human body. J. Appl. Physiol., 19: 531-533, 1964.
12) 山口剛，武谷溶，藤野武彦，宇都宮弘子：若年性動揺性高血圧と測定状況の影響．健康科学，1：89—96，1979.