

# 白血球数増加を指標とする各種運動負荷にともなうストレスの強度について A study on strength of stress by various exercise indexing the increase of leucocyte.

山本 忠志\* 雑古 哲夫\*\*  
YAMAMOTO Tadashi ZAKO Tetsuo

A study is to examine whether the increase of leucocyte can be an index of strength of stress caused by various exercises. Specifically we hereby measured the quantity of erythrocyte and leucocyte both before and after 6 forms of exercise as follows: 1) light mountneering, 2) 22km walking, 3) 12km running, 4) 2 hours swimming, 5) 12km slopes walking with 6 degrees, 6) 12km slopes walking with 9 degrees.

As a result after every form of exercise the quantity of leucocyte increased and it was observed that the increase was remarkable and bigger in proportion to strength of exercise. It was considered that how much stress on the body is given by a form of exercise can be estimated according to the increase index of leucocyte.

キーワード：白血球数，運動，ストレス強度，増加率

Key words : leucocyte, exercise, strength of stress, the rate of increase

## I. 緒言

下垂体-副腎皮質系の機能亢進に伴って、好中球増加に基づく白血球数増加，好酸球数減少，尿中17-ケトステロイド排泄量増加，血中コルチゾール増加が認められることは、よく知られているところである。Selye<sup>1)</sup>は、激しい精神的情動，身体労作，低酸素環境，寒冷暴露等の急激な環境条件の変化に際して，下垂体-副腎皮質系の機能が亢進するが，これは，生体の防御機構に大きな役割を果たすものであるとのストレス説を提唱して以来，運動負荷実験が，生体の下垂体-副腎皮質系の機能に及ぼす影響についての研究は，数多く実施されている<sup>2,3,4,5)</sup>。

副腎皮質機能検査には血中のコルチゾール量の測定，尿中17-ケトステロイド排泄量の測定，ヒンケルマン氏法による好酸球数の測定等があげられるが，運動負荷実験に際して，運動終了後に明らかな白血球数の増加を認め，また，運動負荷の過激な場合には，白血球数の増加程度が極めて高度であることから，運動負荷前，ならびに運動終了後に白血球数の増加程度を測定することが，運動負荷に伴うストレスの強度を計る指標となり得るものと考え，軽登山実験，長時間歩行実験，野外走行実験，長時間水泳実験，人工気象室内での傾斜角6度の坂道歩行実験，同じく傾斜角9度の坂道歩行実験の以上6種類の運動負荷実験の運動開始前，運動終了直後に採血を行い，血液像を測定して，負荷前後の赤血球数および白血球数の比較検討を行い，若干の知見を得たので報告する。

## II. 実験対象及び方法

### 1. 実験対象

本実験は，軽登山，長時間歩行，野外走行，長時間水泳，傾斜角6度の坂道歩行，傾斜角9度の坂道歩行の6種類の運動負荷を実施した。実験対象者については，軽登山が25~38才の健康な男子8名，長時間歩行は25~38才の健康な男子8名，野外走行は21~35才の健康な男子8名，長時間水泳は21~34才の健康な男子8名，傾斜角6度の坂道歩行は26~38才の健康な男子4名，傾斜角9度の坂道歩行は23~38才の健康な男子4名である。

### 2. 実験方法

軽登山は，標高差450m，距離5.5kmの山道を，所要時間約2時間で歩くものである。長時間歩行は，標高差150m，距離22.0kmの山野を，所要時間約5時間で歩くものである。野外走行は，標高差80m，距離12.0kmを約1時間で走るものである。長時間水泳は水温28℃の温水プールにおいて，距離4.0kmを約2時間で泳ぐものである。傾斜角6度の坂道歩行は，気温20℃，湿度50%，気圧ほぼ1気圧の気象条件の人工気象室内で，トレッドミルを使って，負荷重量15kg，傾斜角6度，歩行速度毎分60mによる25分間の運動を，10分間の休息ををさんで8回繰り返し行う，歩行距離12.0kmの坂道歩行である。傾斜角9度の坂道歩行は，前記実験5と同様の条件で，傾斜角9度で12.0kmの距離を歩くものである。採血は，すべての実験で運動開始前と運動終了直後に，

ただし、傾斜角6度と9度の坂道歩行については8回目の運動終了直後に、左右どちらかの肘静脈から医師によって行った。採取した血液2mlを抗凝固剤として、エチレン・ジアミン・テトラアセチック・2カリウム（EDTA-2K）でコーティングされた採血ビンに注入し、十分振盪させた後、測定に供した。

血液像の測定は、半自動血球計数装置のMODEL-CC-180（東亜医用電子社製）を用いて、形の如く手技に従って実施した。測定項目は、赤血球数と白血球数の2項目である。

### III. 実験結果と考察

表1は各種運動負荷の種類毎の運動時間、距離、運動前の平均心拍数と標準偏差および運動後の平均値と標準偏差を示したものである。運動後の心拍数からそれぞれの運動強度が推定されることから、走行運動が最も運動強度が高いことが認められた。次に、傾斜角9度の坂道

歩行であった。最も弱い強度の運動は水泳であることが認められた。ところが、時間と距離の関係からでは、長時間歩行が最も大きな数値となり、精神的ストレスがかかっている可能性が示された。

表2は各種運動負荷での運動前後の被験者毎の赤血球数と増加率、さらに平均値、標準偏差を示したものである。軽登山の運動開始前では、 $429\sim 539 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $381\sim 548 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、増加したものの3名、減少したものの5名で、増加率の平均値では3.2%の減少であった。22km長時間歩行の運動開始前では、 $458\sim 556 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $433\sim 552 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、全員が減少し、その減少率の平均値は4.3%であった。12km走行の運動開始前では、 $449\sim 544 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $440\sim 557 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較する

表1. 各種運動負荷の種類と運動前後の心拍数（平均±偏差）

運動	距離(km)	時間(分)	運動前	運動後
軽登山	5.5	120	72±7.6	149±12.8
長時間歩行	22	300	71±13.0	109±12.0
長時間水泳	4	120	70±13.5	96±11.0
山野走行	12	60	77±13.2	174±17.3
6° 坂道歩行	12	200	71±13.2	130±14.8
9° 坂道歩行	12	200	70±16.4	155±8.8

表2. 各種運動負荷前後の赤血球数と変動率

運動	被験者	運動前値 ( $\times 10^4 / \text{mm}^3$ )	運動後値	変動率 (%)	運動	被験者	運動前値 ( $\times 10^4 / \text{mm}^3$ )	運動後値	変動率 (%)
軽登山	S. N.	539	548	1.7	22km歩行	T. Y.	528	525	-0.6
	A. N.	511	495	-3.1		K. Y.	547	504	-7.9
	K. A.	461	417	-9.5		S. T.	556	552	-0.7
	M. A.	429	381	-11.2		R. I.	530	495	-6.6
	T. M.	482	486	0.8		T. M.	491	481	-2.0
	F. M.	451	427	-5.3		M. A.	537	509	-5.2
	T. Y.	485	490	1.0		K. A.	480	454	-5.4
	K. Y.	450	443	-1.6		N. A.	458	433	-5.5
	平均	476	461	-3.2		平均	516	494	-4.3
	偏差	33.6	50.0			偏差	32.8	35.6	
12km走行	Y. O.	544	557	2.4	2時間水泳	S. N.	539	570	5.8
	E. O.	502	543	8.2		T. S.	533	523	-1.9
	K. A.	543	533	-1.8		K. A.	457	444	-2.8
	R. I.	449	440	-2.0		M. A.	478	497	4.0
	T. Y.	517	520	0.6		T. M.	524	503	-4.0
	K. Y.	495	509	2.8		F. M.	505	524	3.8
	K. K.	522	535	2.5		T. Y.	517	516	-0.2
	S. N.	494	515	4.3		K. Y.	483	491	1.7
	平均	508	519	2.2		平均	505	509	0.8
	偏差	28.9	33.2			偏差	27.3	33.4	
傾斜角6度 坂道歩行	N. A.	498	493	-1.0	傾斜角9度 坂道歩行	Y. I.	491	529	7.7
	A. K.	471	473	0.4		O. S.	501	565	12.8
	F. M.	505	509	0.8		S. S.	494	510	3.2
	K. Y.	516	543	5.2		K. Y.	537	526	-1.3
	平均	498	505	1.4		平均	506	533	5.3
	偏差	16.6	25.6			偏差	18.4	20.1	

と、増加したものの6名、減少したものの2名で、増加率の平均値では2.2%の増加であった。120分長時間水泳の運動開始前では、 $457\sim 539 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $444\sim 570 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、増加したものの4名、減少したものの4名で、増加率の平均値では0.8%の増加であった。傾斜角6度の坂道歩行の運動開始前では、 $471\sim 516 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $473\sim 543 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、増加したものの3名、減少したものの1名で、増加率の平均値では1.4%の増加であった。傾斜角9度の坂道歩行の運動開始前では、 $491\sim 537 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $510\sim 565 \times 10^4 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、増加したものの3名、減少したものの1名で、増加率の平均値では5.3%の増加で最も高く認められたものの、その程度はいずれも軽度であった。

表3は各種運動負荷での運動前後の被験者毎の白血球数と増加率、さらに平均値、標準偏差を示したものである。軽登山の運動開始前では、 $48\sim 81 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $51\sim 103 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、全員が増加し、その増加率は6.3~40.0%を示し、平均値では28.8%の増加であった。22km長時間歩行の運動開始前では、 $44\sim 121 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $84\sim 166 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を

比較すると、全員が増加し、その増加率は30.0~134.3%を示し、平均値では69.6%の増加であった。12km走行の運動開始前では、 $47\sim 82 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $76\sim 235 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、全員が増加し、その増加率は34.3~194.6%を示し、平均値では125.0%の増加であった。120分長時間水泳の運動開始前では、 $50\sim 90 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $93\sim 155 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、全員が増加し、その増加率は5.6~126.0%を示し、平均値では54.8%の増加であった。傾斜角6度の坂道歩行の運動開始前では、 $36\sim 100 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $64\sim 179 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、全員が増加し、その増加率は71.1~79.0%を示し、平均値では75.4%の増加であった。傾斜角9度の坂道歩行の運動開始前では、 $43\sim 70 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示し、運動終了後では、 $99\sim 187 \times 10^2 / \text{mm}^3$ の数値を示した。運動前後の数値を比較すると、全員が増加し、その増加率は130.2~175.0%を示し、平均値では149.2%の増加であった。

運動終了直後の白血球数は、すべての運動において、全例が増加を示したが、運動負荷の種類によって、増加程度の強弱が認められ、最も低い増加率を示したのは軽登山であった。次は120分水泳であり、22km歩行、傾斜角6度坂道歩行、12km走行と次第に増加率は上昇を示し、その最高は傾斜角9度坂道歩行であった。

表3. 各種運動負荷前後の白血球数と変動率

運動	被験者	運動前値 ( $\times 10^2 / \text{mm}^3$ )	運動後値	変動率 (%)	運動	被験者	運動前値 ( $\times 10^2 / \text{mm}^3$ )	運動後値	変動率 (%)
軽登山	S. N.	81	103	27.2	22km歩行	T. Y.	67	101	50.7
	A. N.	73	89	21.9		K. Y.	70	91	30.0
	K. A.	51	66	29.4		S. T.	121	166	37.2
	M. A.	48	51	6.3		R. I.	58	128	120.7
	T. M.	56	96	71.4		T. M.	44	97	120.5
	F. M.	60	84	40.0		M. A.	70	164	134.3
	T. Y.	55	62	12.7		K. A.	61	108	77.0
	K. Y.	49	60	22.4		N. A.	62	84	35.5
	平均	59	76	28.8		平均	69	117	69.6
	偏差	11.1	17.8			偏差	21.1	30.1	
12km走行	Y. O.	52	114	119.2	2時間水泳	S. N.	90	123	36.7
	E. O.	47	78	66.0		T. S.	89	94	5.6
	K. A.	56	120	114.3		K. A.	64	101	57.8
	R. I.	52	76	46.2		M. A.	69	120	73.9
	T. Y.	56	165	194.6		T. M.	77	106	37.8
	K. Y.	67	90	34.3		F. M.	69	93	34.8
	K. K.	82	235	186.6		T. Y.	75	155	106.7
	S. N.	70	200	185.7		K. Y.	50	113	126.0
	平均	60	135	125.0		平均	73	113	54.8
	偏差	11.0	55.4			偏差	12.3	18.9	
傾斜角6度 坂道歩行	N. A.	100	179	79.0	傾斜角9度 坂道歩行	Y. I.	68	187	175.0
	A. K.	62	107	72.6		O. S.	70	176	151.4
	F. M.	36	64	77.8		S. S.	69	167	142.0
	K. Y.	45	77	71.1		K. Y.	43	99	130.0
	平均	61	107	75.4		平均	63	157	149.2
	偏差	24.5	44.5			偏差	11.3	34.4	

以上のように、白血球数の増加は、赤血球数の増加に比べて、その増加程度ははるかに高く、また、運動終了後の心拍数の違いによってその増加程度も異なることが認められた。この白血球数の増加は運動負荷に伴う下垂体-副腎皮質機能の亢進に伴う変化と考えられる。また、白血球分画によると、主要部分を占める好中球の顕著な増加によると言われている。小田及び井関<sup>6,7)</sup>によれば全国高校駅伝の1区走者の距離10000mの走行終了後には、顕著な白血球数の増加が認められ、この際、好中球の増加が顕著で核の左方移動が甚だしく、リンパ球、単球、好酸球は減少すると報告している。住吉ら<sup>8)</sup>は標高3000m前後の低酸素環境における登山第2日に、尿中17-ケトステロイドの顕著な排泄増加、好酸球数の高度な減少を認め、中瀬は<sup>9,10)</sup>尿中17-ケトステロイドの排泄量は運動負荷強度に影響されると報告している。Hartley<sup>3)</sup>、Davies<sup>4)</sup>は運動強度に伴って血中コーチゾールの増加を認めている。この血中コーチゾールは下垂体-副腎皮質機能を最もよく反映しているけれども、その測定は時間的、技術的に見て簡便ではない。一方、白血球数の計測は容易に測定がなされ、短時間に結果を知ることができる利点がある。

さらに、堤ら<sup>5)</sup>は副腎皮質機能は、運動強度の増大のみならず、運動の持続時間の延長によっても亢進すると述べている。また、山本ら<sup>11)</sup>は水泳の実験において、同一距離および同一強度の運動負荷において、水温摂氏19度の場合には摂氏28度の場合に比べて、白血球数増加、好酸球数減少、尿中17-ケトステロイド排泄量増加、血中コーチゾールの増加が顕著であったと報告している。本実験においても、運動終了後の心拍数の違いによって、白血球数の増加に差異が認められているが、必ずしも心拍数の高い運動負荷で白血球数の増加が顕著であったわけではなかった。特に、軽登山の運動終了後の心拍数は平均で148.5拍であったものの白血球数の増加は平均で28.8%であった。一方、22kmの長時間歩行では運動終了後の心拍数は平均で109拍であったものの白血球数の増加は平均で69.6%と明らかに高い数値を示した。このように、心拍数による負荷強度だけではなく、運動時間や運動時の環境等が生体のトータルの負担度、すなわちストレスの強度を如実に白血球数が示している可能性を示唆する結果であった。

以上のことから、本実験における白血球数増加は、運動負荷に伴うストレスに生体が反応を示した程度を表現するものと考えて支障がなく、運動負荷前後の白血球数を測定することによって、運動負荷に伴う心身へのストレスが生体に及ぼす影響を比較的容易に推定しうる方法であると考えられる。

#### IV. 結論

本研究は、各種運動負荷に伴うストレスの強度を、白

血球数増加を指標として推定することを目的として、標高差450mの軽登山、22kmの山野歩行、12kmの野外歩行、120分間の長時間水泳、人工気象室内でのトレッドミルによる傾斜角6度および9度での距離12kmの実験的坂道歩行の6種類の運動負荷を実施させ、運動開始前および終了直後に、採血を行い、赤血球数と白血球数の測定を行い、次の結論を得た。

1. 運動後の心拍数では、野外歩行が最も高く、次いで傾斜角9度での坂道歩行、軽登山、傾斜角6度の坂道歩行、山野歩行、水泳となった。
2. 赤血球数の変化は、運動後で増加するもの減少するものがみられたが、その変化は明らかに小さかった。
3. 白血球数の変化は、すべての運動負荷で、すべての被験者に運動終了後増加を示した。その変化程度は、運動強度が強いものほど、また、運動時間が長いなどによる生体へのストレスとして反応していることがわかった。すなわち、白血球数の変化から運動負荷によるストレス強度が推察できる可能性が示唆された。

#### 文献

- 1) Selye, H.: Textbook of Endocrinology Montreal, Canada, Acta Endocrinologica Inc. 1950.
- 2) Lehnert, G.H.: Plasma-cortisol and plasma-corticosteron in Anpassung stadium der dosierten Körperlichen Arbeit, Endokrinologie 52, pp.402-405, 1968.
- 3) Hartley, H.L.: Multiple hormonal responses to graded exercise in relation to physical training. J. Appl. Physiol., 33, pp.602-606, 1972.
- 4) Davies, C.T.: Effects of exercise on adrenocortical function. J. Appl. Physiol., 35, pp.887-891. 1973.
- 5) 堤 達也: 運動強度、運動時間の副腎皮質機能に及ぼす影響, 体力研究, 37, pp.46-55. 1977.
- 6) 小田俊郎: 全国高校駅伝選手の医学的調査, 高校陸上年鑑昭和34年版 p.35. 1959.
- 7) 小田俊郎, 井関敏之: 全国高校駅伝選手の医学的調査, 高校陸上年鑑昭和35年版 p.27. 1960.
- 8) Sumiyoshi, K. et al: Changes of Blood Elements and the Circulatory System in Climbing (Report), Jap. Circul. J. 28, pp.661-668, 1964.
- 9) 中瀬渉夫: 健康人尿中17-KS排泄量並びに高山環境における変動について, 大市大医学誌, 4, pp.43-49, 1955.
- 10) 中瀬渉夫: 運動負荷による尿中17-KS排泄量の変動について, 大市大医学誌, 4, pp.50-54, 1955.
- 11) 山本忠志, 滝瀬定文, 住吉 薫: 血液成分, 副腎皮質機能および心電図への低水温水泳の影響, 大阪体育大学紀要, 18, pp.149-173, 1987.