M. HIGASHI, T. YASUDA: A Study on the Relationships
of Exercise to Reaction Time.

運動と反応時間に関する研究

金沢大学 東 正雄 安田 保

緒 言

運動の敏捷性を決定する要因には、神経興奮伝導速度、筋収縮速度などが考えられるが、敏捷性の一種であるスピードを規定するものに反応時間がある。反応時間は、刺激が与えられてから動作を起こすまでの時間であつて、この時間の中には、神経系と筋肉系に要する時間が含まれていることはいふまでもない。

これまで反応時間に関する研究は、刺激の種類、質、強度に関するもの、反応時間と反応動作に関するもの等の基礎的研究やストレージと筋電図を用い、単一刺激に対する全身反応時間を分析した研究もみられる。

そこで本研究では、次の3つの「運動」に区別し、これらの運動後にどのように反応時間が変化するかを調べようとした。

(1) 瞬発的に大筋活動を要する随意的な脚押動作。

(2) 全身運動の意で、汗ばむくらいの中程度の運動

(3) 長期間にわたる激しい運動。

即ち、脚押動作、3分間踏台昇降運動、一週間の合宿である。これら3種の「運動」と「反応時間」との関係について明らかにしようとした。

I. 脚押動作と反応時間

単純反応時間と瞬発的な大筋活動およびかなり心理的な集中を要する脚押反応動作時間

との関係について明らかにしようとした。

1. 実験方法

第1図のような器具を作製し、T.K.K. のペンデュラム・クロノスコープに接続し、次の4つの場合 (A~D の実験) の反応時間を測定した。

図 1.

Aの実験： 筒の上方にあるランプのシグナルにより、被検者がキーを押す方法での単純反応時間の測定

Bの実験： 筒の内側上方に装置したマグネットにテニスボールをつけ、検者がキーを押せば電流が切れてボールが落ち、そのボールが筒の窓を通過するのを見る刺激で、被検者がキーを押す単純反応時間の測定。

Cの実験：ランプシグナルにより，被検者が，受け止め板を踏み込む 脚押反応動作時間の測定

Dの実験：ボール受け止め板の位置より，60cm 高さにある窓を通過するボールを見て，そのボールを受け止めようとして，受け止め板を踏み込む脚押反応動作時間の測定。（窓の高さは移動でき，予備実験の結果 60cm の高さが，受け止め得る最大の所であることがわかった。）

Eの実験：実験（C），（D）の両脚押動作における筋電図の比較，脚押反応動作時間測定と同時に，被検者の右側の表面主要筋 8ヶ所の筋電図をとり，二種類の脚押動作を比較した。

被検者は本学体育科学生 12 名である。測定値は各種目につき12回とり，その最高，最低値を捨て，10 回の平均をとった。「用意」からシグナルまでのインターバルは2～6sec を不規則の順で行ない被検者の 山をかけるのを防ぎ，このインターバルは各被検者同一にした。

2. 結果と考察

Aのランプシグナルを見て，キーを押す場合と，Bの窓を通過するボールを見てキーを押す場合の単純反応時間は，Aの平均 223msec.，Bの平均 279msec. とボール刺激の方が 56msec. 遅くなっておりこの間の相関は0.771であつた。

次に脚押動作で，実験Cのランプ刺激により受け止め板を踏み込む場合と，実験Dの窓を通過するボール刺激により受け止め板を踏み込む場合の両平均は，ともに 453msec. と全く同タイムである。またこの両者の相関は0.770であつた。すなわち，同じ単純反応でも，BはAより 59msec. 遅くなり，Cの脚押になるとBより更に 179msec. Aより 230 msec. 遅くなっている。ところが，ランプとボール刺激による単純反応時間で 59msec. 差があつたのが，CとDの関係では差がなくなり，またAとCでは 230msec. の差があるが，

第1表 ランプとボール刺激による単純反応と脚押動作の測定値表

番号	氏名	単純反応		脚押動作		C-A	D-B
		ランプ A	ボール B	ランプ C	ボール D		
1	北林	200	265	435	491	235	176
2	松本	217	245	462	464	245	119
3	有田	242	293	420	411	178	118
4	大塚	191	286	456	418	465	132
5	山本	225	293	473	492	248	199
6	阿戸	178	224	426	432	247	208
7	守谷	229	216	419	416	190	200
8	荒井	190	280	426	424	236	144
9	橋爪	263	318	246	449	201	181
10	栗野	259	299	555	509	296	210
11	東正	258	310	450	483	191	173
合計		2452	3029	4986	4989	2534	1667
平均		223	279	453	453	230	174

(m sec.)

説明

- A. ランプシグナルの刺激を見てキーを押す単純反応
- B. 落下するボールが窓を通過するのを見てキーを押す単純反応
- C. ランプシグナルの刺激を見て受け止め板を踏み込む脚押反応
- D. 落下するボールが窓を通過するのを見てそのボールを受け止めようとして受け板を踏み込む動作

相関係数値

	A	B	C	D
A	—	0.771	0.380	0.770
B	0.771	—	0.586	0.352
C	0.380	0.586	—	0.770
D	0.245	0.352	0.770	—

BとDとの差は174msec. とその差が 66msec. と小さくなっている。

更に第2図にみられる如く，両脚押動作の筋電図を比較すると，CよりDが，ほとんど各筋共，強い神経刺激を受け，大きな放電をなしている。

体 育 学 研 究

図 2.

以上の諸点から、ボール刺激をうけ、この落下するボールを受け止めようとする意志の途中、ボール受け止めの成功、失敗によるゲーム的興味による心理的集中がなされるDの場合がより速い反応動作となつている。これは知覚受容器から筋収縮がなされて動作として現われるまでの通路間に、シナプスの促進作用が働いたために、反応動作時間がより短縮されたものと考えられる。運動スキルあるいは筋収縮に各種の心理的な要因が強く影響するものであることが報告されているが、今回の基礎的な実験においても同様の結果となつた。

II. 踏台昇降運動と反応時間

1. 実験方法

実験は室温 20~22°C、湿度86~89%の室内で午前中に行なつた。被検者として本学体育科学生18名、一般学生10名を無作為に選び、同条件で行なわれるように留意した。

まず安静時の脈拍数、体温および単純反応時間を測定した。反応時間の測定は、1回の試技後、7回測定し、その最高、最低値を捨て、5回の平均を求めた。

次に高さ 50cm の台を、2秒に1回のリズムで3分間の踏台昇降運動を行なつた後、1分間の休息をとり、体温、脈拍数を測る。その後2分毎に脈拍数、反応時間の測定を7回即ち、運動後15分間の変化を追跡した。

2. 結果と考察

この運動実施前後の脈拍数、体温、反応時間の変化は第2、第3表にしめす通りである。

体温については、体育科学生の平均で、運動前の 36.6°C から運動直後の 36.7°C 即ち、0.1°C の上昇、一般学生は 36.8°C から 37.1°C 即ち 0.3°C の上昇をしめている。

脈拍数については、運動前で体育科学生が 71、一般学生が 65 で 6 の差、運動直後に体育科学生 114、一般学生 128 に上昇し、その後の時間経過により両者間に大体 14 の差を保って下降してゆく。

体温、脈拍数の変化から、3分間の踏台昇降運動は体育科学生にとっては軽いウォーム・アップであり、一般学生にはかなり強いウォーム・アップとなつているものと思われる。

単純反応については、運動後 15 分の間に体

東他：運動と反応時間に関する研究

第2表 踏台昇降運動前後の脈搏と反応時間

体育科学生		反応時間の単位 m sec.												体 温	
被験者名	脈搏反応時間	運動前の脈搏 反応時間	運動後の脈搏と反応時間									運動前の脈搏 反応時間	運動後の脈搏 反応時間	運動前の体温	運動後の体温
			I 3分後	II 5分後	III 7分後	IV 9分後	V 11分後	VI 13分後	VII 15分後	VIII 17分後	IX 19分後				
1 北 居	68	213	126	102	94	92	92	92	94	101	107				
2 橋 本	58	227	114	92	92	82	80	76	84	240	240				
3 伊 藤	60	185	116	82	80	76	76	76	78	195	195				
4 川 合	74	158	122	104	94	94	90	90	84	177	177				
5 藤平田	66	123	110	86	86	86	86	84	80	165	165				
6 山 本	47	185	116	84	94	82	82	80	82	168	168				
7 長 岩	71	438	140	104	94	94	96	98	92	178	178				
8 真 下	52	142	104	82	80	78	76	76	70	134	134				
9 清 水	52	279	112	86	80	72	74	72	70	160	160	36°2'	36°2'		
10 大 井	56	140	120	102	100	94	86	82	84	201	201	36°8'	36°8'		
11 橋 爪	58	256	112	88	88	86	78	78	74	263	263	36°5'	36°5'		
12 大 崎	60	276	90	70	70	72	72	70	74	254	254	36°8'	36°8'		
13 大 塚	80	267	122	98	102	98	96	92	94	294	294	36°4'	36°4'		
14 宮 川	52	253	94	74	68	66	70	70	70	301	301	36°5'	36°5'		
15 角 田	86	260	116	108	106	104	102	98	96	292	292	36°0'	36°0'		
16 橋 本	74	208	120	104	106	96	94	98	92	211	211	36°7'	36°7'		
17 武 部	64	301	116	94	84	80	76	74	70	295	295	37°2'	37°2'		
18 木 戸	66	279	98	82	84	82	78	80	72	285	285	36°5'	36°5'		
平 均	65	216	114	91	89	86	84	83	81	223	223	36°6'	36°6'		

育科学生が一般学生より48~76msecの差で速い反応をしめしている。更に運動前のものを0に置き、運動後の反応時間とその差を(+)(-)に拡大してみると、運動後3分に両者共遅くなり、体育科学生は5分後に最も速く、一般学生は7分後に最も速い反応をしめしている。

このことは、この時間に心理的にも、生理

的にも最も良い状態になっていると考えられるが、次の9分後のとき、運動前より遅くなることに注目せねばならない。一般学生はその後には運動前より速い反応をしめすが、体育科学生は13分後にも運動前より遅くなっている原因については明らかでない。ただ第4回の測定時(9分後)は22~28回、第7回(15

体 育 学 研 究

第3表 踏台昇降運動前後の脈搏と反応時間

一般学生

反応時間の単位 m sec.

被験者名	脈搏 時間	反応 時間	運動後の脈搏と反応時間									体 温					
			運動前の 脈搏	運動前の 反応時間	I 5分後	II 5分後	III 7分後	IV 9分後	V 11分後	VI 13分後	VII 15分後	運動前の 体 温	運動後の 体 温				
海 貝	76	108	311	332	307	108	286	104	326	102	332	102	306	98	278	36°9'	37°2'
山 下	80	123	261	276	276	104	268	102	232	100	251	98	232	96	232	37°1'	37°4'
高 柳	84	150	287	272	266	124	204	118	233	116	228	114	210	114	219	37°3'	37°4'
鶴 川	78	121	260	296	303	114	326	108	307	108	301	108	312	112	300	37°3'	37°4'
金 谷	74	136	280	318	323	120	297	116	349	114	322	112	342	110	309	36°5'	36°9'
原	64	126	274	293	285	94	286	94	301	88	312	88	289	88	275	36°7'	36°7'
卜 部	70	140	279	287	273	118	283	114	345	110	273	110	271	108	308	36°5'	37°2'
多 地	48	108	327	305	268	82	209	80	235	76	238	76	290	78	240	36°5'	36°6'
上 田	76	120	281	265	256	108	287	104	266	100	259	102	268	98	264	37°4'	37°4'
新 村	62	122	224	273	233	114	249	118	278	112	308	108	310	110	279	36°7'	36°8'
平 均	71	128	284	287	279	109	269	106	287	103	282	102	283	101	271	36°8'	37°1'

CHANGE OF REACTION TIME AFTER EXERCISE

図 3.

第4表. バスケットボール, 水泳合宿における反応時間, 脈圧, 脈拍, 体重, 握力, 測定値表

測定項目	測定時間	1 日		2 日		3 日		4 日		5 日		6 日		7 日	
		午前		午後		午前		午後		午前		午後		午前	
		練習前	練習後	練習前	練習後	練習前	練習後	練習前	練習後	練習前	練習後	練習前	練習後	練習前	練習後
バスケットボールの合宿	視覚反応 (msec)	29.0	318	347	332	336	308	247	322	244	411	224	310	345	304
	触覚反応 (msec)	161	151	149	150	161	152	148	152	163	146	151	110	141	143
	脈 圧 (mmHg)	60	46	46	39	52	39	45	39	57	47	40	39	53	38
	脈 拍 数 (/min)	77	79	78	78	77	81	72	78	75	83	77	74	76	73
	体 重 (kg)	67.7	66.9	67.4	66.2	67.4	66.2	66.7	66.1	66.9	64.4	65.5	67.2	66.8	67.0
水泳合宿	握 力 (kg)	45	41	45	36	46	45	39	51	41	41	45	41	44	45
	視覚反応 (msec)			117	207	131	175	131	180	119	176	122	145	171	151
	触覚反応 (msec)			180	171	167	161	161	155	140	141	140	110	148	146
	脈 圧 (mmHg)			37	41	39	49	45	44	33	46	47	41	48	44
	脈 拍 数 (/min)			84	59	82	54	77	81	80	84	92	82	87	92
合 宿	体 重 (kg)			55.0	51.2	54.1	51.1	52.0	51.2	54.4	56.4	56.7	56.0	57.0	56.4
	握 力 (kg)			45	47	45	47	46	44	43	46	47	44	44	44

VISUAL REACTION TIME ON BASKETBALL

図 4.

分後)の時は43~50回の緊張した状態で、キーを押し続けているので、神経的疲労が重なり、精神集中が十分でなくなるのではないと思われる。したがって今回の各被検者の運動後最も反応時間の速かった時間、遅かった時間に、追跡でなく、それまで休息させておき、測定してみる必要があると思われるが、ここでは同一条件のもとに、運動後15分間追跡した結果である。

Ⅲ. バスケットボール および 水泳合宿練習中の反応時間

1. 実験方法

測定項目は、視覚、触覚の単純反応時間および身体状況を知る意味で、血圧、脈拍数、体重、握力である。対象は本学男子バスケットボール選手6名で、水泳は海岸での本学体育科2年の合宿中の男子上級者7名である。測定は午前2時間半、午後3時間の練習前後、毎日4回、毎回約20分を要した。反応時間は各7回測定し、その最高、最低値を捨て、5回の平均を求めた。

2. 結果と考察

バスケットボール合宿中の視覚、触覚反応時間は、朝の運動前が最も速く、午前中の運動後、午後の運動前、運動後と次第に速くなっている。(第4図)

6日間を通しての変化は第5図の如く、少しづつ速くなる傾向にあるが、第3日午前、第5日午後に遅くなり、第4日午後に最も速い反応を示している。その他の生理的測定項目についての検討は紙数の関係でここでは省略する。

水泳に関する測定結果は第4表の如くである。(第6日午後の空欄は同日午前に遠泳を行ない、午後他の行事の関係で測定時間が持たなかったためである。)

各日の反応時間については、大体朝の練習

Legend:

- Visual Reaction Time on Basketball (solid line, open circles)
- Visual Reaction Time on Swimming (dashed line, solid circles)
- Tactual Reaction Time on Basketball (solid line, open triangles)
- Tactual Reaction Time on Swimming (dashed line, solid triangles)

Day	Time	Visual Reaction Time on Basketball (m Sec)	Visual Reaction Time on Swimming (m Sec)	Tactual Reaction Time on Basketball (m Sec)	Tactual Reaction Time on Swimming (m Sec)
1st day	B	355	425	160	155
	A	340	400	145	145
2nd day	B	340	440	150	150
	A	330	430	140	140
3rd day	B	330	385	155	155
	A	300	365	135	135
4th day	B	340	350	145	145
	A	325	340	125	125
5th day	B	300	335	155	155
	A	265	315	120	120
6th day	B	285	340	135	135
	A	305	350	150	150
7th day	B	280	335	130	130
	A	300	340	155	155

前が遅く、午前の練習後、午後の練習前、次に練習後と次第に速くなり、7日間を通しては、合宿の日を重ねるにしたがい、次第に反応時間は速くなる傾向にある。このことはバスケットボールの合宿練習にも見られたが、水泳の場合は、第5日午後の小遠泳、第6日午前の遠泳による精神的疲労が大きな原因かと思われる。

以上の結果から、(1) 朝より運動した午後の練習後に反応時間が速くなっているのは、一見疲労しているように見えても、反応に関しては、良い状態にあると思われる。早朝の試合などのさいには、早起きして、十分ウォームアップと時間をとっておくことが必要であろう。

(2) 合宿中、反応時間は少しずつ速くなり、第4日が最も良い状態にある。ただし第3日

の午前、第5日の午後に遅くなる。脈圧、心拍数もこの時に異状の変化をしめしていることから、神経的にも身体的にも大休3日の周期で疲労が高くなり、これに対して同じ周期で適応してゆくことをしめすものと考えた。したがって、第3日午前、第5日午後に休息またはリラクゼーションの方法を講じた方が効果があると思われる。

(3) 水泳合宿で、第5日午後および第6日午前に特別遅くなっているのは、小遠泳および遠泳を行なつたため、3日周期の疲労にさらに心身両面の疲労が重なり、大きな変化が現われたものと思われる。なお第7日午前に各種の水泳テストを行なつたが学生は疲労を訴え、テストの結果も良くなかつたことは、疲労が残り、身体適応ができていなかったと見られるので、スケジュール作成上考慮すべ

きであると思う。

主 な 文 献

- 1) 猪飼, 浅見, 芝山: 全身反応時間とその応用 olympia, No.7 18~19 p. (1961)
- 2) 岩田, 鶴岡, 笠井, 多和: 選択刺激による反応動作の分析的研究 体育学研究, 第8巻 3, 4号 51~519 (1965)
- 3) 猪飼, 石井, 宮下: 水泳中の筋電図 olympia, No.8 4p. (1961)
- 4) 宮畑, 猪飼, 高木他: 身体運動の科学 1~78p. 学芸出版社 (1961)
- 5) P. V. Karpovich: physiology of muscular activity 19~22, 53, 202p. (1961)
- 6) H. T. 030.1111: warming-up of sportsman olympia No.17, 18 (1963)

2) After the subject gave up his work on the ergometer by voluntary effort, the electric stimulation could add the number of contractions to some extent. The number of contractions in one subject was 93 by voluntary effort and the addition number of contractions was 25 by electric stimulation.

3) After the training on the finger ergometer using the load of $1/3$ of the maximum strength for 9 to 12 weeks, both the number of contractions induced by voluntary effort as well as by electric stimulation was increased significantly to the same extent.

A Study on the Relationship of Exercise to Reaction Time

M. Higashi and T. Yasuda. Kanazawa University

A study was conducted to reveal the relationship between hand and leg reaction time. The variation of reaction time was compared before and after exercise during training camps. In order to measure the reaction time, a newly devised instrument was connected with pendulum chronoscope.

1) Hand and leg reaction time. The test consisted of four different procedures. The hand and leg reaction time was measured to visual stimulation by means of falling ball and lamp. It was found that hand reaction time to lamp was faster (223 msec.) than to falling ball (279 msec.), the leg reaction time was almost same as 453 msec. to lamp and to falling ball.

2) Reaction time during basketball and swimming training. The reaction time, pulse, body temperature, blood pressure, weight and grip strength were measured during camp of basketball and swimming of training of one week. It was found that the reaction time to the lamp became longer on 3rd day and the 6th day during the basketball training, and on 3rd day of swimming training. On the other hand, reaction time to touch was almost constant over the training period.

It is suggested from these results that change of reaction time to visual stimulus must be useful to detect fatigue of individuals during sports training.