

# 「反応時間の筋電図学的研究」 I

川村 仁 視 ・ 若 杉 和 彦

## A Research Electromyographic of Reaction Time (No.1)

Hitoshi KAWAMURA, Kazuhiko WAKASUGI

人の日常動作の中で反応をともなう動作は数極りなくある。こうした中で反復動作を行なうことにより、行動がよりスムーズに行なわれ、反応時間の短縮をはかっている。

本研究においては単純な動作が反復行なわれることにより、反応時間の短縮及び筋肉に及ぼす影響がいかなる状態を示すのか、生理学的な立場から筋電図を用いて一実験的研究を試みた。

負荷重量の差による、反応時間の差異、練習効果、あるいは疲労発生等についてその一端を明らかにすることができたが、今回はその一部であって、今後の段階的継続研究の一指針である。

### 序 文

近年、技術革新の発達により、近代科学は著しい進歩をとげている。しかしこのような時代と共に、我々の日常生活は、増々スピード化、機械化等を要求されるにいたった。このことは我々の行動に敏捷性の必要を増し、危険予防や各種の作業能率等に大きな関係を持つことになった。この敏捷性との関連において、反応時間との問題が考えられなければならない。

この反応時間に関する研究は、心理学的な分野では古くから行なわれ、1850年にヘルツホルツによる神経伝導時間の研究の成功により、心理学者に反応時間の実験研究への道を開いた。それ以来今日まで数多くの研究がなされてきた。しかし生理学的な分野ではあまり行なわれず立遅れて来た。

そこで、反応時間について考えてみると、反応時間とは「刺激の提示により、反応運動を発するまでの潜時」と定義付けられていることは良く知られているが、反応時間の反応運動は、光、音、電気刺激等の外部からの外因的の刺激を受けた時、感覚受容器がこれらを受けとめ、これを知覚し、判断し、なすべきことをデザインし、随意運動系を通して、末梢の筋までインパルスが下行し、効果器である筋が合目的な動きを示すことであり、判断反応運動といわれる。刺激が感覚受容器の最先端に達してから、動作を起すまでの反応時間は、神経反応時間と筋収縮時間とにわけられるが、前者を刺激によってインパルスが神経系回路を廻っている時間をいい、後者は末梢の筋肉が収縮し動作となって現われるまでの時間であるといわれている。一般の研究によって、神経反応時間は筋電図に、刺激点から筋の電氣的興奮が現われる

までの時間であり、感覚受容器で刺激を受け、脊髄、間脳を経て、大脳皮質の運動領に伝わり、さらに運動神経を通して、筋の終板に至るまでの時間であると思われている。筋の反応時間というのは、神経間脳を終て、大脳皮質の運動領に伝わり、さらに運動神経を通して、筋の終板に至るまでの時間であるといわれている。

またこの反応時間は、刺激の種類により、多少の変化を示す。音刺激0.12~0.18秒、電気刺激0.12~0.20秒、光刺激0.18~0.22秒であるといわれている。スポーツ等の全身反応時間の測定は、キューアトン、猪飼・浅見・芝山氏等により、研究されてきており、敏捷性の必要とする種目の選手ほど、反応時間が速いことが確かめられている。

しかし、これらの研究は負荷を与えない場合のもので、たとえば負荷を与えた場合、反応時間に変化が現われると思われる。この場合の変化は、筋の構造・機能によるものが大きいと考えられる。また身体運動の原動力となる筋の収縮は、運動神経（遠心性神経）の刺激によって起るのであるが、この刺激を初期の目的にかなうよう調整するためには、感覚器官（筋紡錘を含めて）によって、中枢にもたらされる多数の情報を必要とする。この情報を受ける感覚器官や、知覚神経が健全でないと、目的にかなった運動は困難となるであろう。この感覚器官や知覚神経が健全でない場合の状態として、疲労現象の発生があげられる。この疲労の原因としては、身体のエネルギー消費をともなう行動（精神的、肉体的）といわれ、また筋の疲労は筋線維内の活動物質系の変化を原因として生じるものとみなされている。このことから、疲労が発生すると、ある作業を続けて行くのがいやになったり、作業能率が低下する（機能減退）。この疲

労感<sup>1)</sup>は作業や運動を中止させようとする重要な情報で、生体を破壊から未然に防止しようとする重要な情報でもある。この際に現われる身体的変調は、生体が自然に休息を要求することにより、生体は過度の消耗から防止されている。

次に練習効果について考えてみると、練習効果とは、活動における学習の反復過程に起る筋機能、構造の変化により、その運動が身体的にかなり強い刺激となって、次第により高い能力が形成されることである。これは次の様な方法によって測ることが出来る。

- (1) 一定時間内になしうる作業量
- (2) 一定単位作業を遂行するために要する時間
- (3) 誤りの回数
- (4) 成功、失敗または正誤の比率
- (5) 作業の質的变化

等である。

またこの筋の練習効果を生理的に考えてみると、筋力は練習によって適切な負荷が筋に与えられると、筋は活動性肥大を起し筋線維が肥大する。また筋持久力は、練習によって筋の毛細血管も増殖し、筋収縮時の化学反応が円滑に進むようになる。筋収縮の速さを考えると、個々の筋肉によってかなりの差があるが、およそ0.10秒とされている。また体を支えるのに使われる筋肉、すなわち抗重力筋と呼ばれる筋の一群では、安静にしているも筋肉に部分的な強縮が生じているといわれており、これを“筋のトーマス”<sup>2)</sup>とされている。このトーマスは、中枢神経系の興奮によって高まる。またトーマスの関係から、発揮される筋力は心理的な水準によって、おおいに変わってくる。これらが反応時間、作業量に微妙な変化を与えると考えられる。

次に練習効果と反応時間について考えてみると、筋力や持久力の練習は、今までもよく研究されてきている。しかし反応時間の練習効果は余りされておらず、またその様な研究も数少ない。窪飼・浅見・芝山氏らの研究によると、トレーニングの繰り返しによって、全身反応時間が短縮されていくことは一流運動選手について実証されている。この他にも色々な方法により研究が試みられてはいるが、決して満足の得られるものは多くはない。これら運動競技の練習によって、反応時間の進歩をみいだすと、本研究の様に刺激に対し、同一動作を繰り返すことによって、反応時間の進歩をみいだすのは、方法こそ違え、どちらの場合においても最終目的は、反応時間の練習効果をみいだすことに、違いはないものと思われる。

以上の事柄から、練習効果と反応時間について考えられることは、生理的な面から、作業量の増加、作業能率の平均化、筋作業時間、振中の短縮または平均化、これ

ら伴ない反応時間の短縮、または平均化のいずれかの現象があらわれた場合、反応時間が練習の回数を重ねるたびに短縮、または平均化されていくとしたら、これは練習によって反応時間の短縮に伴ない練習効果のあらわれとみてよいであろう。

次に疲労発現と反応時間について考えてみると、生理的な面から作業量の減少、作業能率の乱れ、筋作業時間、振中の増加、または乱れ、これらの現象に伴ない反応時間の遅延、または乱れ等の発生現象があらわれると、疲労発現と反応時間には、深い関連性が持たれる。つまり疲労発現によって反応時間が変化するとみてよいであろう。以上のような観点から本研究に着手した。

## 研究方法

### 1. 実験方法

実験期日 昭和46年7月～9月

被験者 本学学生8名

使用器具 ポリグラフ（三栄測器式）

自記式エルゴメーター

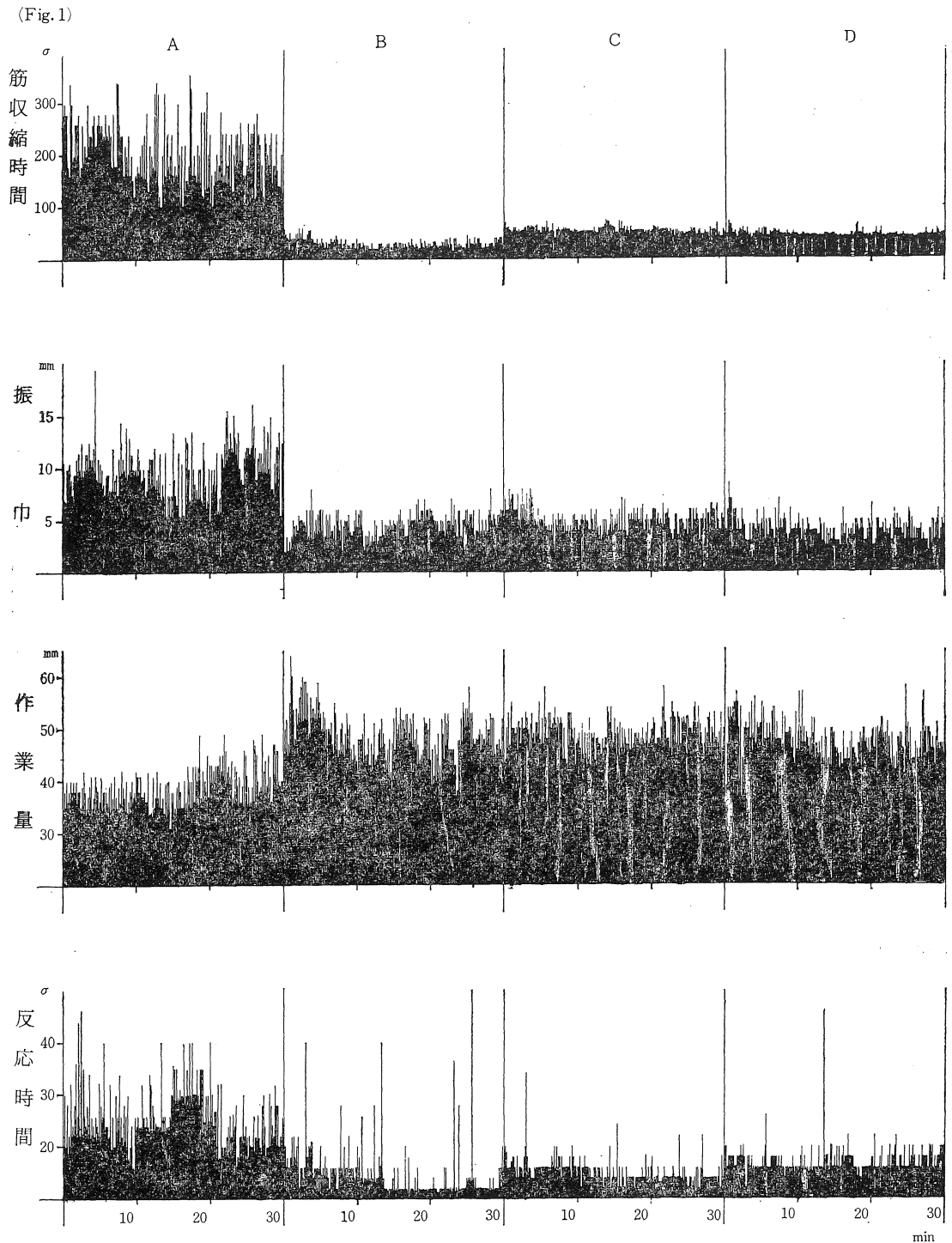
（竹井機器式）

音・光連続刺激発生装置

（三栄測器式）

### 2. 測定内容

- (1) ポリグラフに、音、光連続刺激発生装置を同時記録のとれるよう接続し、生理的の局部負荷現象を得るために、自記式エルゴメーターを使用し、前腕二頭筋に筋電図が取れるよう電極をセットする。
- (2) 自記式エルゴメーターで前腕を固定し、人差し指に負荷をかけ、光刺激の発生と同時に、この人差し指に重りを引く運動をさせる。この際、他の指や前腕が移動しない様に特に注意する。
- (3) 次のような条件での変化を、ポリグラフからは、反応時間の筋電図、自記式エルゴメーターからは作業量をとる。
  - (イ) 光刺激を不定期に発生せしめ、負荷重量 250 g で30分間行なう。
  - (ロ) 光刺激を不定期に発生せしめ、負荷重量1000 g で30分間行なう。
  - (ハ) 光刺激を不定期に発生せしめ、負荷重量 250 g で10分間を7日間通して行なう。
  - (ニ) 光刺激を不定期に発生せしめ、負荷重量1000 g で10分間を7日間通して行なう。
  - (ホ) 実験室は暗室とした。



#### 結果と考察

30分間に光刺激を不定期に発生せしめ、負荷重量250gで行なった被験者4名の反応時間、作業量、筋収縮時間、振巾についてみると (Fig. 1) のとおりである。この図において被験者 (A) は、筋収縮時間に非常に大き

な上下の乱れがみられる。時間的経過をみると、作業の開始直後と4分~7分にかけて大きな値が多い。それ以後は上下の乱れが一層大きくなっている。振巾についても同じように上下の乱れが多く、3分~5分、8分~11分に

大きな値がみられ以後多少の減少傾向がみられるが、20分以後において再び増大傾向がみられる。作業量は筋収縮時間、振巾に比して上下の乱れは小さい。20分以後にわずかな増加傾向がみられるが、大きな変化はない。反応時間も上下の乱れが多く、動作開始をしてから7、8分にわずかな減少傾向をみることができると15分～18分には増加がみられ、20分以後においては大きな減少を示している。

また反応時間、作業量の平均化と標準偏差は (Table. 1) のとおりである。この表から反応時間の平均を割り出すと、10分と30分に負、20分には正の有意性がみとめられ、10分、15分、20分から標準偏差の平均化がみられる。

反応時間の遅延現象または作業量の低下を疲労の発生、もしくは疲労状態と解するならば、ここにおける反応時間には疲労発現の状態はみられない。また作業量においても、15分に正、25分、30分に負の有意差があらわれ標準偏差からも疲労発現状態はみられない。反応時間には疲労発現、練習効果等の現象はみられないが、作業量においては練習効果があらわれているとみてよいであろう。ここで生理的な局部疲労がみられないと言うことは、負荷重量が250gという軽負荷のためと考えられる。

被験者 (B) についてみると、筋収縮時間と振巾は、全体的にあまり変化はみられず値が小さい。作業量では作業開始3分の間は増加値を示しているが、以後は漸時減少傾向を示し、10分以後では上下の大きな乱れを示している。反応時間は13分から低下現象を示し26分前後に多少の増加がみとめられる。また (Table. 1) からは反応時間に明らかな短縮がみられ、20分、25分、30分には負の有意差が生じた。標準偏差では全体に値が高い。作業量の平均では作業能率にむらがあり、全部に有意差がみとめられる。また標準偏差には大きな違いはみられない。これから反応時間には疲労発現はなく、作業量にもみとめられなかった。これによって生理的にみても局部疲労は生じられないことがわかる。また反応時間と作業量の平均と標準偏差には関連性があるとは考えられない。

被験者 (C) についてみると、筋収縮時間と振巾には変化がみられず、作業量にも同じようなことがいえるが、反応時間に12分後半から短縮があらわれた。また (Table. 1) からは反応時間の平均に疲労とは逆の値があらわれ、反応時間の短縮がみられた。しかし標準偏差には逆の値がみられる。以上のことから、反応時間には疲労発現はみとめられず、練習効果が逆になってあらわれた。作業量では変化がみとめられない。

被験者 (D) についてみると、筋収縮時間、振巾、作

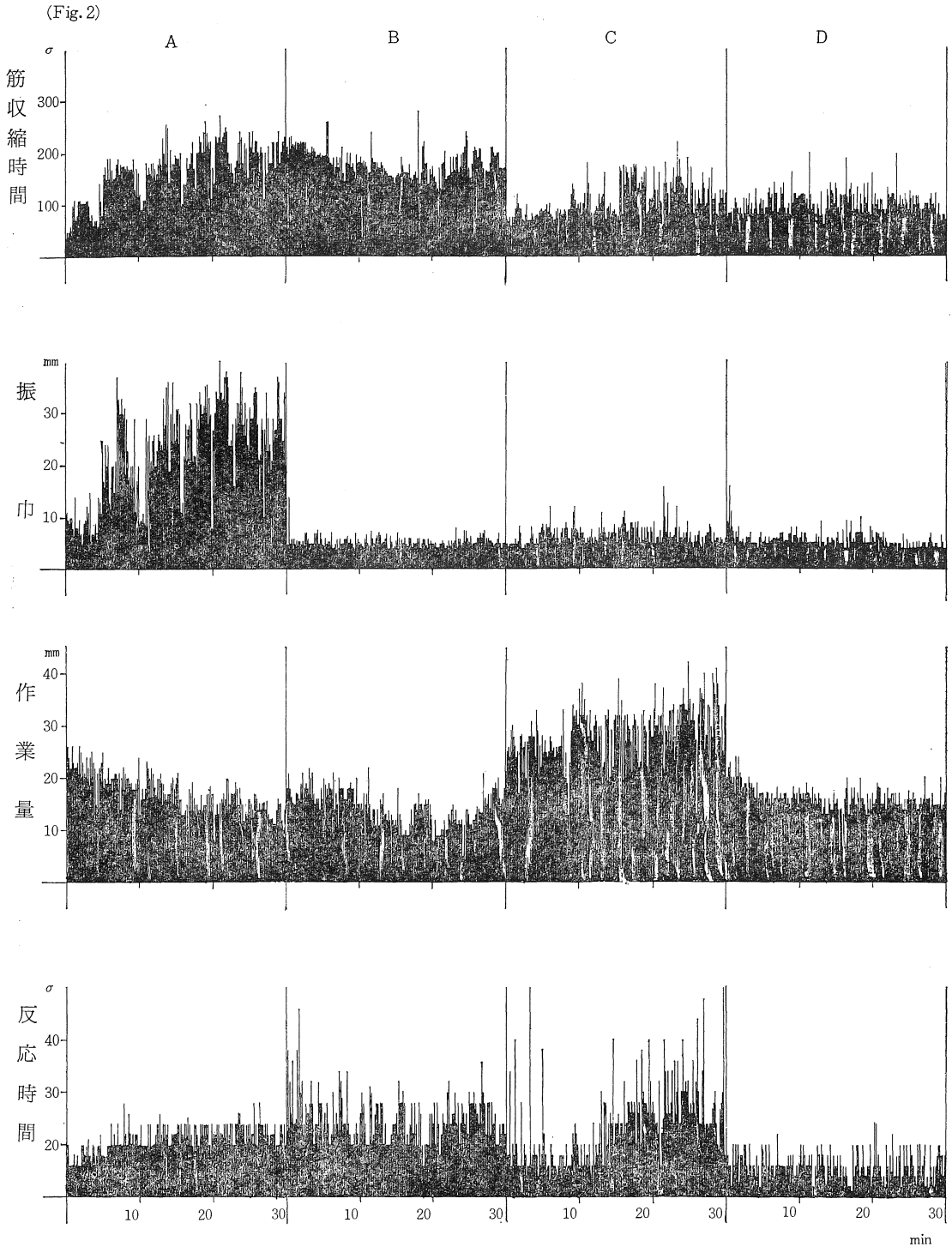
業量、反応時間からはともに大きな変化がみとめられないが作業量からは12分～14分、23分前後とに小さな減少が生じ、軽い作業の低下がみられた。しかし (Table. 1) についてみると、反応時間の平均から疲労発現がみられるが、30分に正の有意差がみられたくらいで信頼性は薄い。標準偏差では疲労発現の値が認められ、値の上下が交互になっている特徴がみられる。作業量も20分頃までは減少過程を示し、それ以後上昇を示した。また15分以後有意差も正に変わった。これから反応時間に疲労発現がみられる。作業量でも同じことがいえ、生理面から軽い局部疲労がみられ、これまでの被験者とは違った結果が得られた。

また各被験者の個人差についてみると、被験者Aは、他の被験者と比較すれば、反応時間が遅く、そのうえ筋収縮時間が長く、振巾も大きいということにより、筋機能の効率が非常に悪いと思われる。それは作業量の値の低さからうかがうことができる。また被験者Bについては、反応時間が速く、筋収縮時間が短く、作業量が大きいということにより、被験者Aに比較して、筋機能の良さがみとめられる。被験者C、Dは共に似かよった図から、同じ様な筋機能を持っていると思われる。

以上の結果から、負荷重量250gの重さでも、反応時間に小さな疲労発現がみられる。この場合、生理的局部疲労をともなった時に起りうるが、これはあまり信頼性の高いものとは思われないので、この辺に負荷の大きさに関係があるのではないだろうか、また反応時間と作業量にも、筋機能の筋トーマスの興奮状態による変化がみられる。これによって、反応時間等の個人差を作り出す原因だと考えられる。

次に、30分間に光刺激を不定期に発生せしめ、負荷重量1000gで行なった被験者4名の反応時間、作業量、筋収縮時間、振巾についてみると (Fig. 2) のとおりである。この図において被験者 (A) についてみると、筋収縮時間は時間とともに増加している。これは生理的局部疲労と思われる。また増加する際周期的に5分間隔ぐらゐに低い値があらわれる。振巾の場合にも同様なことがいえる。作業量も時間とともに減少しており、反応時間はこれと逆に増加している。これらによって疲労発現が生じていると思われる。また (Table. 1) からも反応時間の平均をみると、平均値が徐々に大きくなり、有意差にも正がみとめられる。標準偏差からも同じことがいえる。作業量の平均では、疲労発現といってもいいような作業量の低下が認められ、有意差にも正が認められる。また標準偏差でも、疲労発現といつてもいい値が認められた。このことから、反応時間と作業量とに、なんらかの関係があると思われる。

被験者 (B) についてみると、筋収縮時間は作業開始



から20分前後にかけて短縮し、それ以後は増大傾向を示している。振巾からは大きな変化はみられなかった。作業量では開始から16分頃まで徐々に減少し、17分から20分の間は一時的に急激な増加を示すが、その後すぐに減少、また徐々に増加の傾向を示す。また反応期間では、

開始から10分前ぐらいは大きな乱れがあり、10分~20分の間は2分間隔の乱れが生じるが、20分以後に増加現象がみられ、27分過ぎには減少を示した。また (Table. 2) から、反応時間の平均をみると、各平均とも値が徐々に小さくなり、有意差も負であった。また標準偏差にも同

じことがいえる。作業量の平均では、各平均値が減少しているが、15分以後に正の有意差がみられる。標準偏差は30分に作業量の増加にもない乱れがみられる。これから反応時間には疲労発現がみられない。作業量には疲労発現がみられるが、生理的な面からは生理的の局部疲労はみられない。

被験者(C)についてみると、筋収縮時間は全体的に乱れが大きい。特に15分前後から大きくなり、時間と共に激しくなる。最高値と最低値が20分以後にみられる。振巾にも全体的に乱れが大きい。始め5分までと終り25分過ぎに安定がみられたが、それらの前後に大きな乱れがある。作業量についても全体的に乱れ方が大きい。時間と共に増加しており、最高値と最低が後半20分～30分にみられる。反応時間でも、全体的に乱れ方が大きく、時間の経過に伴ない増大現象がみられることから、疲労発現のあらわれとみてよいであろう。また

(Table. 1) についてみると、反応時間の平均からは、疲労発現がみられ、有意差も20分、25分、30分に正がみられる。標準偏差も全体に値が大きくなっている。作業量の平均からは疲労発現はなく、有意差も15分以後負であった。また標準偏差からはどちらともいえない値ができた。

これから、反応時間には疲労発現がみられる。しかし作業量には逆の結果が起った。生理的な面からは、生理的の局部疲労がみられる。ここでは全体的に乱れが大きい。これは筋機能からくるものと心理的な面からくるものとに考えられる。

被験者(D)についてみると、筋収縮時間・振巾には大きな変化はみられない。作業量には4分前後から値が小さくなっており、15分前後に特に大きな減少が起っている。反応時間には小さな乱れがある程度である。

(Table. 1) についてみると、反応時間の平均と標準偏差には変化はみられなかった。作業量の平均には、疲労発現に近い値がみられ、正の有意差がみられた。

これらから、反応時間には疲労発現はみられないが、作業量には疲労発現とっていいものがみられる。

また各被験者の個人差についてみると、被験者Aは、筋収縮時間・振巾の値に同一な変化がみられる。また他の被験者に比べ振巾が大きい。被験者Bは、筋収縮時間が長く、振巾が他に比べて小さい。被験者Cは、反応時間の遅いわりに作業量の大きいのが特徴である。これらはいずれも、筋機能の個人差のあらわれとみてよいと思われる。

以上の事柄から思ったより良い結果が得られた。それ

(Table. 1)

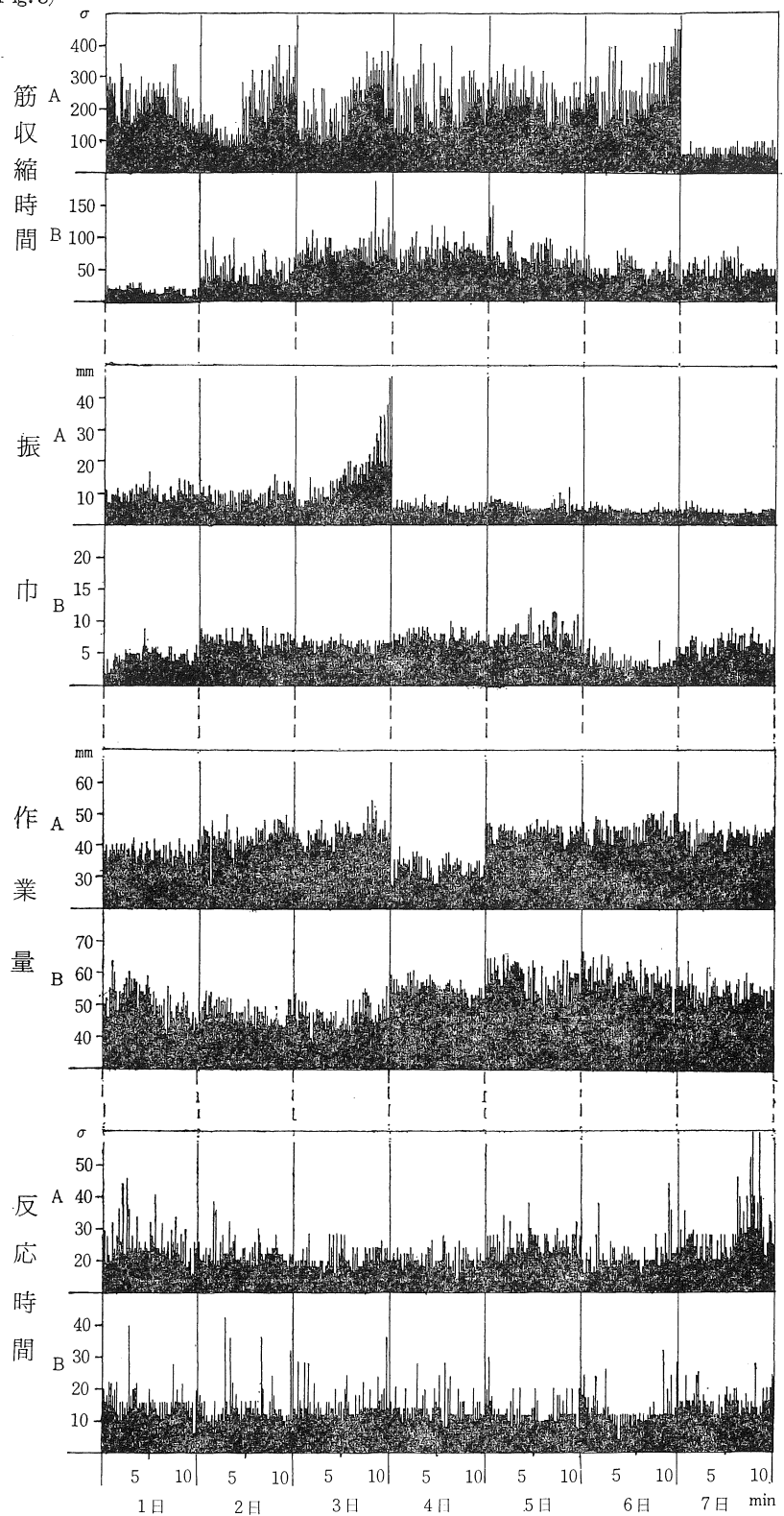
分	反 応 時 間								作 業 量							
	250g				1000g				250g				000g			
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
5	28.04	6.84	17.70	1.46	18.58	0.88	22.42	9.42	38.94	2.56	49.96	2.06	23.02	2.14	46.62	5.68
10	* 25.52	5.25	** 16.74	1.70	** 21.54	2.48	** 18.30	2.28	39.14	2.18	50.26	3.26	** 19.58	1.90	46.50	5.16
15	26.96	4.71	** 15.70	1.70	** 22.50	1.88	21.78	5.64	* 37.74	2.80	** 48.10	2.98	** 18.62	2.28	** 49.42	4.00
20	** 32.27	4.92	** 15.84	1.72	** 23.30	1.78	** 28.70	6.96	39.38	3.58	** 48.36	1.70	** 16.30	2.26	** 49.18	4.92
25	26.96	5.61	** 14.84	2.00	** 24.34	0.96	** 28.58	5.60	** 42.94	3.12	50.76	2.62	** 15.66	3.28	** 52.78	3.96
30	* 25.40	5.70	** 14.70	2.02	** 23.30	2.20	** 28.58	7.84	** 42.46	4.20	49.56	2.30	** 13.90	2.04	** 51.42	6.00
T. $\bar{X}$	27.14	6.09	15.22	2.40	22.35	2.62	24.66	7.08	39.84	3.72	49.54	2.84	17.80	3.70	49.54	5.12
5	18.70	5.44	17.70	1.90	29.62	5.68	16.96	2.62	55.06	4.06	50.36	4.90	17.90	2.46	38.30	2.94
10	17.10	5.88	17.24	1.54	** 25.38	4.04	16.56	2.26	** 49.62	4.28	49.70	2.88	17.50	1.78	** 36.30	1.12
15	16.78	6.16	17.36	2.80	** 25.78	4.66	16.70	2.70	** 47.38	2.90	* 48.24	3.32	** 14.70	3.04	** 35.84	1.54
20	** 12.46	2.60	17.44	1.84	** 24.50	4.12	* 16.04	2.66	** 50.10	3.00	** 46.10	2.20	** 13.26	2.78	** 34.90	2.88
25	** 13.42	5.68	18.36	2.64	** 25.86	3.38	16.84	3.42	* 52.90	4.38	** 48.70	3.98	** 11.18	2.06	** 35.96	1.44
30	** 14.38	5.60	** 19.36	2.52	** 26.42	3.60	16.56	1.34	** 49.54	3.10	** 48.04	3.90	** 15.10	3.10	** 35.56	1.58
T. $\bar{X}$	15.50	5.84	17.94	2.36	26.26	4.60	16.54	2.82	49.96	5.70	48.52	3.90	16.06	3.50	36.24	2.28

は負荷を大きくしたことにより、はっきりした疲労発現が起きた。ここでは生理的局部疲労のあらわれた被験者については、反応時間にも疲労発現があらわれることがみられた。これ以外の生理的局部疲労のあらわれなかった被験者について考えられることは、個人によって筋機能、構造の違いから生理的局部疲労を起す負荷が変わってくるといえよう。またこの負荷によって筋機能の働きが色々な型であらわれてきていると思われる。

10分間に光刺激を不定期に発生せしめ、負荷重量250gで7日間通して行なった被験者2名の反応時間、作業量、筋収縮時間、振巾は(Fig. 3)のとおりである。この図から被験者(A)についてみると、筋収縮時間では7日目に著しい減少がみられ、振巾でも4日目以後に極端な減少傾向がみられる。作業量では1日～3日目とわずかであるが増大があらわれ、4日目には半減している。また5日～7日目には復元しわずかな上昇傾向がみられる。反応時間については、大きな変化はみられないが、3日、4日目及び6日目にわずかな下降があらわれている。

また反応時間、作業量の平均と標準偏差は(Table. 2)のとおりである。この表から反応時間の平均をみると、2日目10分に最も小さな値がみられ、1日目10分、2日目5分、3日目5分・10分、4日目5分・10分、6日目5分・10分等に

(Fig. 3)



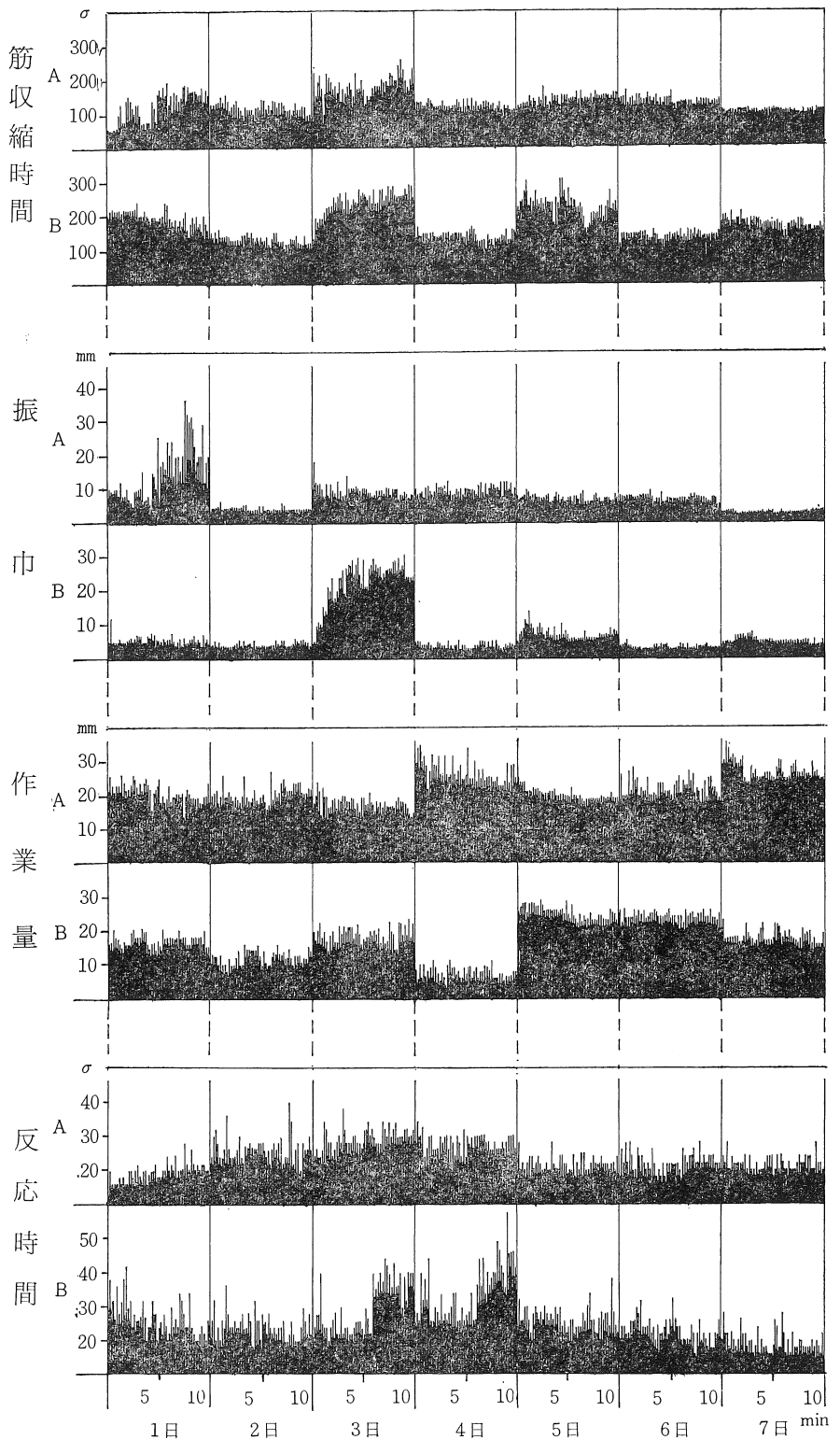
小さな値をみることができ  
る。このことと前述の事柄 (Fig. 4)

を合わせて、一応の練習効果のあらわれとみてよいであろう。この時の有意差は、前述した値すべてに正がみとめられた。標準偏差は、2日目10分、5日目5分、10分5日目5分、10分、6日目5分、7日目5分に平均化がみられる。作業量では2日目5分、10分、3日目5分、10分、5日目5分、10分、6日目5分、10分、7日目5分、10分とに1日目の値よりかなり大きな値がみられる。この時の有意差には正がみとめられた。標準偏差については、全体的に平均化しており、4日目5分、10分が特に大きい。

以上を総合してこの被験者は、筋機能とは別々に練習効果がみられる。この場合、筋機能より先に反応時間に練習効果がみられた。つまりこれは、神経系等の練習効果が速いことを意味するものと考えられる。またここでは、振巾と作業量とに関係があると思われる。

被験者 (B) についてみると、筋収縮時間では6日目から練習効果がみられるが、振巾ではあまり大きな変化はみられない。作業量では4日、5日、6日目に増加がみられるところから、練習効果のあらわれとってよいであろう。反応時間からは、日数と共に大きな値が縮少されている。この辺から練習効果のあらわれとってよいであろう。また (Table. 2) についてみると、反応時間の平

(Fig. 4)





均から、5日目10分に最も小さな値がみられ、これを中心に練習効果がみられる。この時、3日目5分、4日目5分、10分、5日目5分、10分、4日目5分、4日目5分、10分に正の有意差がみられたことから、これも練習効果のあらわれとみてよいであろう。標準偏差には、3日目5分、10分、4日目5分、10分、5日目5分、10分、3日目5分、7日目5分、10分に平均化がみられる。作業量についてみると、4日目5分、5日目5分、6日目5分に大きな値を示し、全て正の有意差を示した。前半は減少がみられたが、後半は増大している。標準偏差は2日目から平均している。

以上総合してこの被験についてみると、ここでも筋機

能とは別々に練習効果がみられる。この場合にも反応時間には、はっきりとした練習効果がみられた。

また各個人差についてみると、被験者Aは反応時間が遅く、作業量が小さい。また筋収縮時間も大きいので、筋機能の劣りが目だつが、被験者Bは、これと反対のことがいえる。

以上の事柄から、この負荷重量 250g に対する反応時間と練習効果を考えると、練習効果は認められるが、それは筋機能の発達に伴うものではなく、神経伝達系の発達からくるものと思われる。またこの程度の負荷重量では、反応時間を乱すようなことはみられない。

(Table. 2)

日	分	反 応 時 間								作 業 量							
		250g				1000g				250g				1000g			
		$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
1	5	27.86	6.76	18.70	5.44	17.82	1.92	29.74	7.24	38.18	2.24	54.92	4.05	22.82	2.18	18.08	3.03
	10	* * 24.89	5.12	17.26	6.52	* * 20.52	2.48	* * 25.26	4.40	38.18	2.48	* * 49.76	4.98	* * 19.96	1.86	17.36	1.98
2	5	* * 23.86	5.28	16.06	7.56	* * 26.14	2.98	* * 25.74	3.92	* * 43.62	3.08	* * 49.76	2.49	* * 20.02	1.86	* * 12.56	2.22
	10	* * 21.94	2.96	* 15.98	5.04	* * 25.90	3.88	* * 23.82	2.96	* * 45.06	2.24	* * 47.36	2.85	* * 21.62	2.44	* * 12.56	2.10
3	5	* * 23.77	4.20	* 16.62	4.27	* * 27.82	3.24	* * 25.98	3.76	* * 42.82	2.52	* * 47.00	2.94	* * 18.74	2.82	* 19.04	2.04
	10	* * 24.26	3.00	17.78	5.08	* * 30.54	1.80	* * 35.98	5.68	* * 45.38	3.08	* * 49.16	3.66	* * 16.82	2.54	* 19.16	2.61
4	5	* * 23.77	5.96	* 15.98	3.48	* * 25.90	4.16	30.86	4.60	38.02	3.80	* * 57.08	1.86	* * 28.10	3.12	* * 7.64	2.13
	10	* * 22.58	5.32	* 15.02	4.72	* * 27.50	1.88	* * 39.34	6.44	* * 33.38	3.68	54.68	2.25	* * 25.46	2.72	* * 7.28	1.53
5	5	26.42	3.92	* 16.14	4.48	* 21.50	2.40	* 27.98	3.08	* 44.74	2.28	* 60.20	3.51	* 21.62	1.52	* 26.84	1.35
	10	* 25.78	4.04	* 15.90	3.76	* 21.18	1.66	27.66	5.60	* 44.26	2.56	56.32	3.81	* 19.14	0.90	* 23.96	1.65
6	5	* * 23.77	4.20	* 16.46	4.96	* * 21.82	2.80	* * 25.10	2.76	* * 44.74	3.24	* * 60.56	3.99	* * 21.62	2.72	* * 24.32	1.50
	10	* * 22.90	6.08	15.82	7.76	* * 23.10	1.88	* * 22.38	3.48	* * 46.98	2.84	* * 58.28	4.08	22.42	2.68	* * 23.96	1.41
7	5	* * 25.94	3.88	* 16.06	4.04	* * 21.58	2.00	* * 20.30	3.40	* * 44.10	2.52	* * 55.88	3.06	* * 27.70	3.14	18.08	1.89
	10	* * 33.46	8.72	* 16.94	3.56	* * 21.34	1.94	* * 20.14	3.12	* * 44.58	2.00	54.44	2.55	* * 27.30	3.12	18.44	1.71
T. $\bar{X}$		24.50	6.12	16.14	5.44	23.90	4.32	27.14	6.96	42.14	5.20	54.11	5.70	22.48	4.08	17.81	6.15

次に10分間に光刺激を不定期に発生せしめ負荷重量 1000g で7日間通して行なった被験者2名の反応時間、作業量、筋収縮時間、振巾は (Fig. 4) のとおりである。この図から、被験者 (A) についてみると、筋収縮時間は4日目から練習効果がみられ、振巾では8日目からみられる。作業量では5日、6日、7日目と平均化を示している。反応時間では、6日目から安定し全体と比べて短縮した値がみられる。(Table. 2) の反応時間の平均からは、はじめより低い値はみられないが、すでに負の有意差がみとめられた。作業量の平均では、4日目5分、10分

、7日目5分、10分に練習効果があり、有意差もみとめられた。標準偏差からは、5日目に安定した値がみられる。

以上のことから、筋機能には4日、5日目頃から練習効果がみられるが、反応時間には短縮はみとめられない。強いていえば平均化が6日、7日目にあらわれたことぐらいで、これは負荷重量1000g からくるものかもしれない。また作業量では、筋収縮時間に近い値をたどっている。

被験者 (B) についてみると、筋収縮時間からは変化があらわれず、振巾では3日目を除いて平均した値がみられる。作業量は全体に平均しており、日によっての増

加はみとめられない。反応時間は6日、7日目に短縮した平均がみられる。また (Table. 2) の反応時間の平均から、1日目5分、2日目5分、10分、3日目5分、10分、4日目10分、5日目5分、6日目5分、10分、7日目5分、10分に練習効果がみられ、正の有意差がみられる。標準偏差からは、1日目5分をのぞいたすべてに平均化がみられる。作業量の平均では、5日目5分、10分、6日目5分、10分に練習効果がみられるが、注意を要することは、1日毎に大きな変化が起きていることである。標準偏差は、日と共に平均化がみられることから、練習効果があると思われる。

以上のことから、筋機能の方からは、はっきりとした練習効果はみられないのに対し、反応時間では5日目から練習効果があらわれる。ここでも反応時間と筋機能は別な型であらわれている。

また各被験者の個人差については、あまり被験者 A・B には大きな個人差はないが、多少被験者 B に筋収縮時間の長さが大きいことぐらいである。

ここで負荷重量1000g に対する、反応時間と練習効果を考えると、この場合には練習効果はあらわれる。またここでは神経伝達系の発達からくるものもみられるが、しかし筋機能の働きの実験日によって大きく変化する。これに伴って反応時間が変化する場合も認められる。これから筋機能が反応時間に影響することは負荷重量からくるものと考えられる。

反応時間の練習効果について考えてみると、同一動作の繰り返しによって反応時間に練習効果が生じるのがみられる。しかしそれは、スポーツにおける筋機能、構造の発達ではなく、神経伝達系の発達である。この為、反応時間の練習効果は実力として残らず、“時”がたてば元にもどってしまうものと思われる。負荷を与えた場合に、負荷が重いと、心理的要素と筋機能、構造等の反応時間に変化をあたえる。また被験者によっては、反応時間に対して適応性を示すことも考えられ(練習効果ははっきりみられる)、これらが反応時間の個人差の原因とも考えられる。

#### まとめ

本研究の目的である同一動作の繰り返しによって、反応時間に変化がみられるか、また負荷によりどの様に左右されるかという点について、次の様な結果が求められた。

#### (1) 疲労発現と反応時間について

- 同一動作を長時間繰り返すことにより、生理的局部疲労が生じた場合、反応時間に遅延がみられる。
- この時、作業量はかならずしも減少しない。

- 反応時間と作業量の関連性については明らかではない。

- 負荷重量については、生理的疲労という問題に関係があるので、反応時間の変化には直接関係は認めることはできないが、しかしこの場合に、負荷重量からくる筋機能、筋構造によって、反応時間になんらかの型をあらわしてくることも考えられる。

#### (2) 練習効果と反応時間について

- 練習を繰り返すことによって、反応時間の短縮は起りうるが、この場合生理的变化は伴わない。
- この練習効果はスポーツのように実力として残らない。“時”がたつと忘れられる。

- 負荷重量の違いによって、反応時間になんらかの変化がみられる。ここで疲労発現は筋機能の変化に伴うという相違がみられるが、これは疲労や練習のもつ目的の結果からくるものと考えられる。

- 反応時間と作業量との関連性は考えられない。

次に疲労発現、練習効果の結果をみると、疲労発現と反応時間には、生理面から作業量の減少、作業能率の乱れについては、当初の考えは棄却されたが、他について実証された。

練習効果と反応時間では、生理面から作業量の増加、作業能率の平均化、筋収縮時間、振巾の短縮、平均化に伴う反応時間の短縮、平均化は棄却された。このことは、反応時間の発達は、筋機能、筋構造の発達に関係ないということである。

また反応時間が練習の回数をかさねる度に短くなることについても実証されなかった。これは練習日によって筋機能等の働きの大きさが大きく変化することにより、これが反応時間に影響をあたえるため、練習回数をかさねるたびに、そのつど短縮はみられなかったが、全体的にみた場合には、反応時間は短縮されてきている。

以上のことから、日常生活での作業能率や危険予防等に良い結果を求めるには、たえず身体状態を最良に整えておくことが必要ではないかと思われる。

#### 参考文献

- 猪飼道夫他 「体育科学事典」  
第1法規出版  
日本体育学会 「健保・体育学講座Ⅲ」  
杏林書院  
岡田三朗「スポーツと疲労」 不味堂書院  
猪飼道夫 「運動生理学入門」 杏林書院

朝比奈一男他	「運動生理学」 大修館書店	石河利寛他	「体育学実験法」 杏林書院
結城綿一	「人間工学ハンドブック」 反応時間ヨリ，大島正光編	久松栄一郎他	「スポーツ医学」 杏林書院
猪飼道夫他	「体育の科学的基礎」 東洋館出版社		