

低周直角脈波刺激による人体骨格筋の不随意性疲労について

(人体の筋・神経の興奮性の研究 第33報)

昭和34年6月23日 受付

信州大学医学部第一生理学教室 (主任: 和合卯太郎教授)

田 辺 盛 美

Involuntary Fatigue of Human Skeletal Muscle Caused by Stimulation of Low Frequency Pulses.

(Studies on the Excitabilities of Nerve and Muscle in Man, XXXIII)

Moriyoshi Tanabe

1st Institute of Physiology, Faculty of Medicine, Shinshu University
(Director: Prof. U. Wago)

I 緒 言

疲労については多くの研究が行われているが、殆んどが高度の疲労である。軽度の疲労を量的に誤りなく測定し、具速やかに其の変化を十分に追跡し得る和合のV/Vr法^{⑧⑨⑩⑪}によつて、低周直角脈波(毎秒3回刺激)を使用して、人体骨格筋に軽度の不随意性疲労を起させ、疲労の発現、其の変化、acetylcholine, Ach及びglucuronic acidの効果等の実験を行ったので報告する。

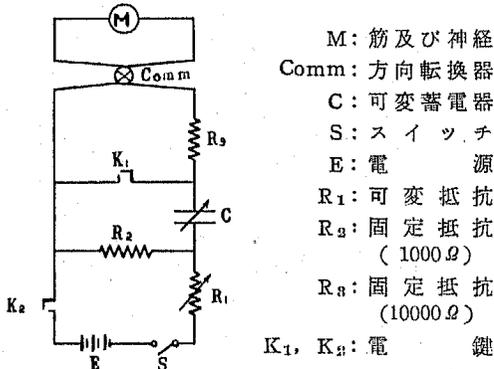
II 装置及実験方法

A V/Vr法による疲労測定器

測定器回路は第1図の如くである。

(東式)の両接触子 K_1, K_2 をこの順に閉じ、直ちに同じ順序で開いて、人体に放電々流を通じた。電源として6Volt蓄電池を使用した。

第1図 測定回路



B 被験者及び其の姿勢

被験者は18才乃至26才までの健康である男子学生で、体重は55乃至60kgであつた。測定前及び測定中被験者を寝台の上に仰臥させ安静をとらせた。疲労を起す筋としては両側の m. rectus femoris を使用し、測定として m. extensor pollicis longus を使用した。

C 刺激点の選び方

1. M. rectus femoris の刺激点

M. rect. fem. だけの収縮を起すためには、刺激電極の位置を慎重に選ぶ必要がある。刺激点(第2図)に電極を当て、交流を通じると、「ビリ、ビリ」した感じが一直線となつて、前大腿部表面中央を膝関節の上まで一本の線となる。

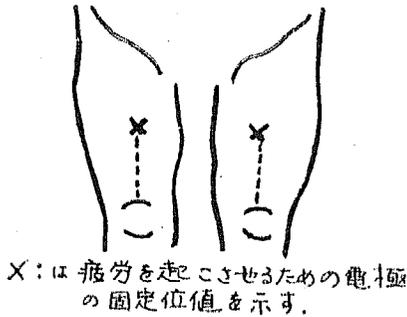
2. M. extensor pollicis longus の刺激点

M. ext. poll. long. のときも、その刺激点(第3図)に電極を置き刺激すると拇指表面の中央を、端節の上面まで走る一本だけの線を生じた。

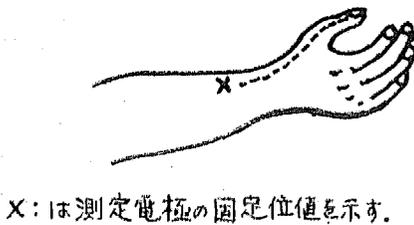
D 電極の固定について

測定するための電極は分極の起らないよう充分容量のある純銀円板厚さ1mm、直径2cmを使用した。疲労を起すための電極は厚さ1mm、直径4cmの純銀円板を使用した。電極と皮膚との間に0.95%のNaCl溶液に浸したろ紙を、直径2cmの電極には2枚、直径4cmの電極には8枚はさみ、絆創膏で密着固定した。不関電極は6×10cm、厚さ1mmの純銀板で、これを腰部部の平坦な場所に、0.95% NaCl溶液に浸したガーゼ4枚をはさんで、紐で固定した。

第2図 M. rectus femoris の刺激点



第3図 M. ext. poll. long. の刺激点



E 刺激の条件及び持続時間

刺激装置としては、低周波直角脈波 Augospel を使用したが、条件としてはつねに3〜の脈波を使用し、電流を 1.0mA, 1.5mA, 3乃至4mA の三種で両側 m. rect. fem. を同時に刺激し、夫々の電流の強さで、10分、15分、20分間刺激で疲労をおこした。V/Vr 法^{⑩⑪⑫}によつて m. ext. poll. long. の興奮性の変化を測定した。測定には拇指端節の最小伸展運動を示標とした。夫々の強さの電流によつて、m. rect. fem. の収縮の状態は、1.0mA では筋の収縮が手を触れて分るが、1.5mA では筋の収縮が外部から認められ、しかし3乃至4mA では筋の収縮が著しく大きかった。

F 回復時間恒数

和合^⑬は骨格筋の疲労を、興奮性の低下即ち V/Vr 値の増加を以つて表わし、この増加と疲労の回復時間 (r. t.) との関係を観察した。増加率 (i. r.) の増加分 (V/Vr 値の増加しない時の増加率は1.00であるから増加率から1.00を引いたもの) は、回復時間に比例すると云い、回復時間恒数 Km (分) を算出している。

$$Km = \frac{(i. r. - 1.00)}{r. t.} \times 100 \text{ (分)}$$

G Acetylcholine 及び Prostigmine

Prostigmine (塩野義製薬株式会社製 Vagostigmin) を刺激時間終了10分前に、 $5 \times 10^{-3} \text{mg/kg}$ を皮下注射し、Ach (第一製薬株式会社製 Ovist) は同じく5分前に 1mg/kg を皮下注射した。

H Glucuronic acid

Glucuronic acid (中外製薬株式会社製 Guronsan) を 4mg/kg を、刺激時間終了5分前に皮下注射をした。以後 gl. acid と云う。

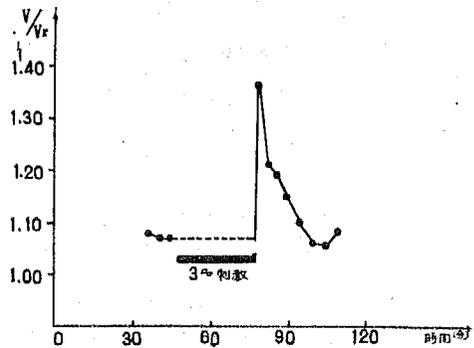
III 実験成績

A 電流の強さ及び刺激時間の変動による疲労の発現とその時間的経過

1. 3〜 1.0mA での各種刺激時間の疲労について

実験測定値の1例を図示すると第4図のようであつた。3〜刺激直後に測定した V/Vr 値は、最大値を示し、其の後時間の経過と共に減少して正常 V/Vr 値に回復した。

第4図 EX. 51 被験者 S. K. 1mh (左の m. ext. poll. long. での測定)



3〜, 1.0mA, 30分間両側大腿直筋直接同時刺激

1.0mA, 10分間疲労刺激によつて、得られた数値は第1表に示す。15分間のときは第2表に示す。共に疲労は認められなかつた。増加率1.05以上の変化を示した例はなかつた。20分間、30分間刺激による成績を第3表、第4表に示した。全例に疲労が起つたことが認められた。全被験者の各刺激時間による増加率の変化を示したのが第5図である。

第1表 3 \sim , 1mA, 10分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正常 V/Vr 値	最大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	6	1.08	1.12	1.04	-	-
K. F.	4	1.07	1.11	1.04	-	-
M. N.	3	1.05	1.08	1.03	-	-
T. M.	3	1.06	1.09	1.03	-	-
S. K.	3	1.07	1.10	1.03	-	-

注：(正常 V/Vr 値から右の欄は全て各被験者の平均値)

第2表 3 \sim , 1mA, 15分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正常 V/Vr 値	最大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	6	1.05	1.08	1.03	-	-
K. F.	3	1.05	1.08	1.03	-	-
M. N.	3	1.06	1.09	1.03	-	-
T. M.	3	1.06	1.09	1.03	-	-
S. K.	3	1.07	1.11	1.03	-	-

第3表 3 \sim , 1mA, 20分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正常 V/Vr 値	最大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	3	1.09	1.28	1.18	12	0.65
K. F.	3	1.09	1.27	1.16	12	0.73
M. N.	3	1.10	1.27	1.17	12	0.71
T. M.	3	1.07	1.23	1.15	11	0.76
S. K.	5	1.06	1.21	1.13	12	0.73

第4表 3 \sim , 1mA, 30分間刺激による疲労

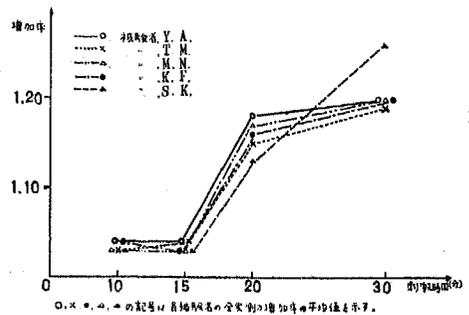
被験者	実回 験数	正常 V/Vr 値	最大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	6	1.07	1.27	1.20	17	0.88
K. F.	3	1.07	1.28	1.20	19	0.95
M. N.	3	1.07	1.30	1.20	20	0.97
T. M.	3	1.08	1.29	1.19	15	0.73
S. K.	3	1.07	1.35	1.26	22	0.84

2. 3 \sim 1.5mA のときの各種刺激時間の疲労について

3 \sim 1.5mA 5分間刺激のときは疲労は認められなかった。第5表に示す。

増加率1.05以上の変化を示した例はなかった。10分間刺激のときの数値を第6表に示す。各被験者の平均

第5図 3 \sim , 1.0mA の各種刺激時間と増加率との関係



第5表 3 \sim , 1.5mA, 5分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正常 V/Vr 値	最大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	8	1.07	1.09	1.02	-	-
K. F.	10	1.08	1.10	1.02	-	-
M. N.	11	1.09	1.10	1.02	-	-
T. M.	6	1.08	1.09	1.02	-	-
S. K.	2	1.09	1.11	1.02	-	-

第6表 3 \sim , 1.5mA, 10分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正常 V/Vr 値	最大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	5	1.07	1.11	1.03	-	-
K. F.	10	1.08	1.11	1.04	-	-
M. N.	10	1.09	1.12	1.03	-	-
T. M.	9	1.08	1.13	1.03	-	-
S. K.	4	1.08	1.13	1.03	-	-

第7表 3 \sim , 1.5mA, 15分間刺激による疲労

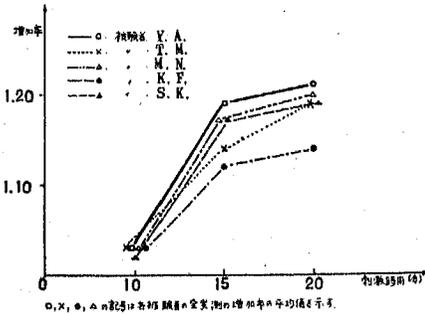
被験者	実回 験数	正常 V/Vr 値	最大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	6	1.08	1.28	1.19	11	0.60
K. F.	4	1.07	1.21	1.12	8	0.64
M. N.	3	1.07	1.26	1.17	10	0.59
T. M.	3	1.08	1.22	1.13	8	0.60
S. K.	3	1.07	1.25	1.17	11	0.66

値は不変であつたが、全実験中小数例では V/Vr 値の増加が認められた。15分間、20分間刺激のときの数値を第7表、第8表に示した。全例において疲労がひきおこされた。第6図で全被験者の各種刺激時間による増加率の変化を示す。

第8表 3~, 1.5mA, 20分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	最 大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	6	1.08	1.30	1.21	14	0.69
K. F.	4	1.07	1.22	1.14	9	0.65
M. N.	3	1.07	1.27	1.20	13	0.63
T. M.	3	1.08	1.28	1.19	12	0.65
S. K.	3	1.07	1.28	1.19	13	0.68

第6図 3~, 1.5mA 刺激時間と増加率との関係



3. 電流3乃至4mA ときの各種刺激時間についての疲労

3乃至4mA, 5分間刺激によつて得られた数値は第9表に示す。平均値は不変であつたが、疲労は一部の例に認められた。即ち増加率1.05以上の変化を示した実験例は16%であつた。10分間, 15分間, 20分間刺激によつて得られた数値は第10表, 第11表, 第12表に示す。10分間以上の刺激では全例に疲労が惹起された。全被験者の各種刺激時間による増加率の変化を第7図に示す。

第8図は同一被験者についての各種刺激時間の増加率との関係を, 1.0mA, 1.5mA, 3乃至4mAの夫々について図示したものである。以上の成績から次の結果が得られた。

a 電流の強さによつて疲労の発現時間に相違があつた。即ち1.0mAでは20分間刺激, 1.5mAでは15分

第9表 3~, 3乃至4mA, 5分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	最 大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	8	1.08	1.11	1.04	-	-
T. M.	6	1.07	1.10	1.03	-	-
M. N.	3	1.11	1.12	1.04	-	-
K. F.	6	1.09	1.12	1.04	-	-
S. K.	2	1.13	1.10	-	-	-

第10表 3~, 3乃至4mA, 10分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	最 大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	8	1.08	1.52	1.38	27	0.74
K. F.	3	1.09	1.56	1.43	30	0.71
M. N.	3	1.10	1.47	1.33	21	0.67
T. M.	3	1.08	1.46	1.36	27	0.74
Y. M.	2	1.10	1.56	1.40	31	0.84
S. K.	2	1.14	1.58	1.38	30	0.79

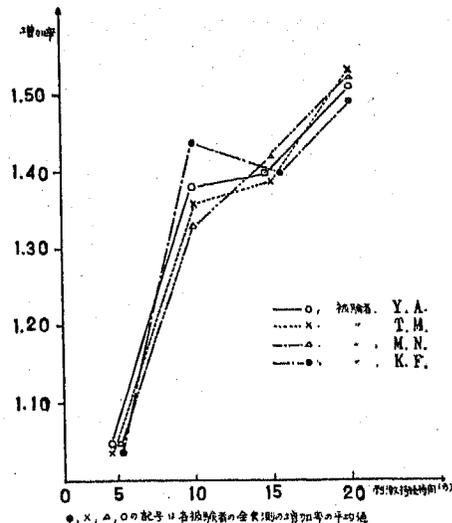
第11表 3~, 3乃至4mA, 15分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	最 大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	8	1.09	1.54	1.40	29	0.73
K. F.	3	1.09	1.51	1.40	24	0.61
M. N.	3	1.11	1.58	1.39	27	0.69
T. M.	3	1.10	1.53	1.39	27	0.69
Y. M.	2	1.10	1.39	1.26	22	0.89

第12表 3~, 3乃至4mA, 20分間刺激による疲労

被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	最 大 V/Vr 値	増加率	恢時 復間 (分)	Km (分)
Y. A.	8	1.09	1.66	1.51	33	0.66
K. F.	3	1.10	1.75	1.59	35	0.58
M. N.	3	1.11	1.69	1.52	31	0.61
T. M.	3	1.08	1.64	1.53	35	0.67
Y. M.	2	1.09	1.32	1.22	21	0.97

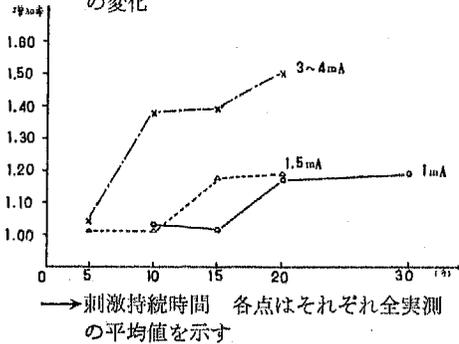
第7図 3乃至4mA ときの刺激時間と増加率との関係



間刺激, 3乃至4mA では10分間刺激によつて全被験者に疲労が起された。即ち疲労を起こすに必要な最小刺激時間は電流強度の増加と共に短縮した。

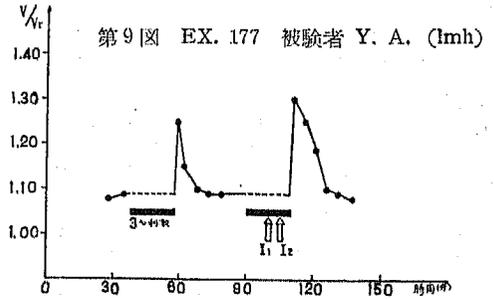
b 恢復時間は刺激持続時間の延長と共に大きな値を示し, Kmは変らなかつた。

第8図 被験者 Y. A. 3~, 1.0, 1.5, 3乃至4mA のときの各刺激時間による増加率の変化



B Ach のこの疲労に対する効果

Prostigmine は疲労刺激時間終了10分前に 5×10^{-8} mg/kg を注射し, Ach は同じく 5分前に 1mg/kg を注射した。測定値の1例を図示すると第9図のようである。第13表, 第14表は各被験者の注射時と非注射時(対照)の3~, 1.5mA で15分間, 20分間刺激の測定



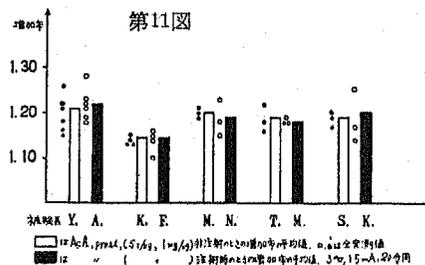
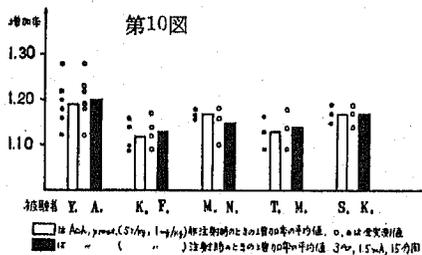
3~, 1.5mA, 20分間両側大腿直筋直接同時刺激
I₁: prost. (1mg/kg) 皮下注射
I₂: Ach, (5r/kg) 皮下注射

第13表 3~, 1.5mA, 15分間刺激による疲労に対する Ach, 及び prostigmine の効果

被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	注 射 時				非 注 射 時 (対照)			
			最 大 V/Vr 値	増加率	恢復時間	Km	最 大 V/Vr 値	増加率	恢復時間	Km
Y. A.	6	1.08	1.30	1.20	(分) 14	(分) 0.64	1.28	1.19	(分) 11	(分) 0.60
K. F.	4	1.07	1.21	1.13	8	0.62	1.21	1.12	8	0.64
M. N.	3	1.07	1.23	1.15	9	0.62	1.26	1.17	10	0.59
T. M.	3	1.08	1.22	1.14	10	0.74	1.22	1.13	8	0.60
S. K.	3	1.07	1.26	1.17	12	0.74	1.25	1.17	11	0.66

第14表 3~, 1.5mA, 20分間刺激による疲労に対する Ach, 及び prostigmine の効果

被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	注 射 時				非 注 射 時 (対照)			
			最 大 V/Vr 値	増加率	恢復時間	Km	最 大 V/Vr 値	増加率	恢復時間	Km
Y. A.	6	1.08	1.32	1.22	(分) 14	(分) 0.62	1.30	1.21	(分) 14	(分) 0.69
K. F.	4	1.07	1.22	1.14	10	0.69	1.22	1.14	9	0.65
M. N.	3	1.07	1.27	1.19	12	0.64	1.27	1.20	13	0.63
T. M.	3	1.08	1.29	1.18	13	0.71	1.28	1.19	12	0.68
S. K.	3	1.07	1.29	1.20	13	0.66	1.28	1.19	13	0.68



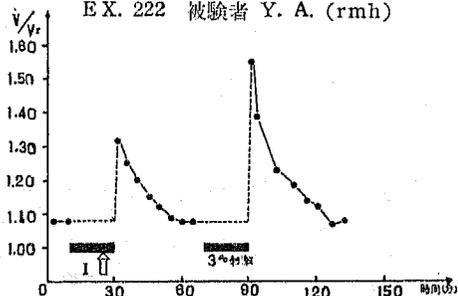
値を示す。第10図, 第11図は注射時と対照の上述の刺激時間の各被験者のi.r.の平均を図示したものである。

Achの注射はこの疲労に対しては全く効果がなかつた。即ち対照と比べ最大 V/Vr 値, 増加率, 回復時間, 及び Km の変化はなかつた。

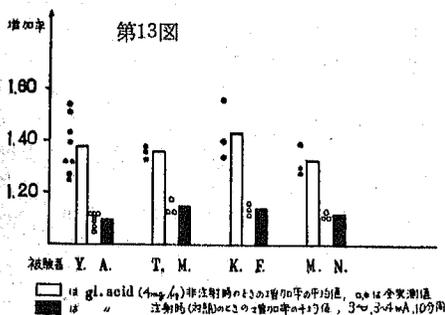
C Glucuronic acid の疲労に対する効果

3〜で刺激時間終了前5分に gl. acid 4mg/kg を皮下注射した。本実験の測定値の一例を図示すると第12図のようであつた。刺激直後, V/Vr 値は最大値に達し, 後漸時減少して正常 V/Vr 値に戻つた。注射時に於ても同様であつたが, 非注射時(対照)に比べ, 最

第12図 gl. acid 注射の疲労に対する効果
E X. 222 被験者 Y. A. (rmh)



3~, 4mA, 20分間両側大腿直筋同時刺激
I: gl. acid (4mg/kg) 皮下注射



被験者 Y. A. T. M. K. E. M. N.
□ gl. acid (4mg/kg) 非注射時との30分間の平均値, ○は全実験値
■ 注射時(対照)との30分間の平均値, 3~, 3.4mA, 10分間

大 V/Vr 値と回復時間は著明な低下, 短縮を示した。

1) 3~, 3乃至4mA, 10分間刺激による疲労に対する gl. acid の効果

10分間刺激による対照と注射時の実験で得られた数値は第15表に示してある。各被験者の増加率及び増加率の平均を第13図に示してある。

2) 3~, 3乃至4mA, 15分間刺激による疲労に対する gl. acid の効果

15分間刺激による非注射時(対照)及び注射時で得られた数値は第16表に示す。各被験者の増加率及び増加率平均は第14図のようである。

3) 3~, 3乃至4mA, 20分間刺激による疲労に対する gl. acid の効果

20分間刺激による非注射時(対照)及び注射時の実験で得られた数値は, 第17表に示してある。各被験者の増加率, 増加率の平均は第15図のようである。

gl. acid の注射によつて V/Vr の最大値及び回復時間は対照のより著明な低下と短縮を認めた。このことは, gl. acid が疲労抑制作用があると云うことが出来る。刺激時間の増加によつて gl. acid の注射時と対照の増加率及び回復時間はいずれも増加を示した。これを被験者 Y. A. について図示したのが第16図である。10分, 15分, 20分間刺激による対照及び注射時の増加率の平均及平均回復時間を示している。刺激時間の増加によつて, 疲労が増加しても gl. acid 注射によつてある程度の抑制効果を認めた。

IV 考 察

del. Pozo^③は猫の m. gastrocnemius plantaris を刺激し, 刺激頻度の相違によつて起る疲労が相違することを述べている。毎秒30回以上の頻度の刺激でおこる疲労は伝達疲労であり, 毎秒20回以下では疲労が起りにくく, 長時間の刺激により始めて疲労が現れると述べ, 筋収縮力減退による収縮疲労であると云つてい

第15表 3~, 3乃至4mA, 10分間刺激による疲労に対する gl. acid の効果

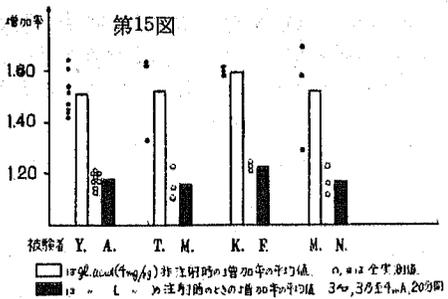
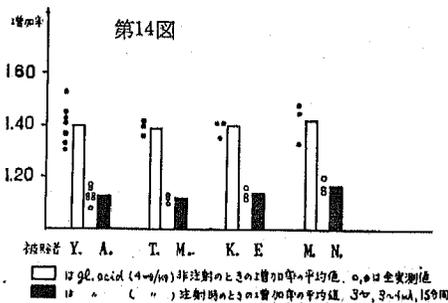
被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	注 射 時				非 注 射 時 (対照)			
			最 大 V/Vr 値	増加率	恢復時間 (分)	Km (分)	最 大 V/Vr 値	増加率	恢復時間 (分)	Km (分)
Y. A.	8	1.08	1.19	1.10	9	0.92	1.52	1.38	27	0.74
K. F.	3	1.09	1.25	1.14	14	1.01	1.56	1.43	30	0.71
M. N.	3	1.10	1.23	1.12	10	0.86	1.47	1.33	21	0.67
T. M.	3	1.08	1.23	1.15	13	0.90	1.46	1.36	27	0.74
Y. M.	2	1.10	1.40	1.28	27	1.02	1.56	1.40	31	0.84
S. K.	2	1.14	1.54	1.35	24	1.07	1.58	1.38	30	0.79

第16表 3 \sim , 3乃至4mA, 15分間刺激による疲労に対する gl. acid の効果

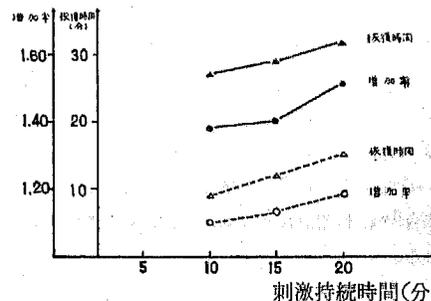
被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	注 射 時				非 注 射 時 (対 照)			
			最 大 V/Vr値	増加率	恢復時間 (分)	Km (分)	最 大 V/Vr値	増加率	恢復時間 (分)	Km (分)
Y. A.	8	1.09	1.23	1.13	12	0.93	1.54	1.40	29	0.73
K. F.	3	1.09	1.23	1.14	14	1.00	1.51	1.40	24	0.61
M. N.	3	1.11	1.30	1.17	16	0.95	1.58	1.42	28	0.68
T. M.	3	1.10	1.23	1.12	13	1.14	1.53	1.39	27	0.69
Y. M.	2	1.10	1.29	1.22	20	0.92	1.39	1.26	22	0.89

第17表 3 \sim , 3乃至4mA, 20分間刺激による疲労に対する gl. acid の効果

被験者	実回 験数	正 常 V/Vr 値	注 射 時				非 注 射 時 (対 照)			
			最 大 V/Vr値	増加率	恢復時間 (分)	Km (分)	最 大 V/Vr値	増加率	恢復時間 (分)	Km (分)
Y. A.	8	1.09	1.28	1.18	15	0.83	1.66	1.51	33	0.66
K. F.	3	1.10	1.35	1.23	16	0.72	1.75	1.59	35	0.58
M. N.	3	1.11	1.30	1.17	15	0.90	1.69	1.52	31	0.61
T. M.	3	1.08	1.25	1.16	14	0.95	1.64	1.53	35	0.67
Y. M.	2	1.09	1.20	1.09	10	0.95	1.32	1.22	21	0.97



第16図 3 \sim , 10分, 15分, 20分間刺激のときの gl. acid 注射時, 非注射時の増加率の平均, 及び平均恢復時間の変化



3 \sim , 3-4mA, 被験者Y. A. 実線は gl. acid 非注射時, 点線は gl. acid 注射時

和合¹⁴⁾は人体骨格筋に人工的に毎秒20回の刺激を加え, 刺激時間10分以上で疲労の起ることを認め, この疲労は不随意性の収縮疲労であると述べている。又この疲労には Ach 及び prostigmine 注射によつては何の効果もなかつたと述べている。清水⁷⁾は灌流囊骨格筋を使用し, 各種刺激頻度についての中で, 毎

秒20回刺激を Du Bois-Reymond 型の Inductrium を使用して実験を行い, 和合の V/Vr 法によつて疲労発生を認めている。赤羽¹⁾は低周直角脈波 3 \sim で, 人体の m. rect. fem. に直接刺激を 7乃至20分間加え, 不随意性の収縮疲労を起し, 和合の 0.75 μ F V/Vr 法によつて測定し, アドレナリン, ノルアドレナリン, グロンサンの効果を述べている。岸⁶⁾は人体骨格筋 m. rect. fem. に直接, 間接に低周直角脈波 1.5mA, 毎秒 3乃至1250回の疲労刺激を 10乃至40分間加え, 刺激頻度によつて疲労の相違があることを認めている。毎秒 3回では収縮疲労が起り, 周波数の増大により伝達疲労を混じり50 \sim 以上では純料の伝達疲労の型を示すと云つている。

また Ach 及び gl. acid の効果についても伝達疲労は Ach によつて完全に抑制され、収縮疲労は gl. acid によつてある程度抑制されると述べている。本実験に於ては低周直角脈波で人体骨格筋の両側 m. rect. fem. に毎秒3回の直接の刺激を与え、不随意性収縮疲労を起させ、拇指端節の最小伸展運動を示標として、m. rect. poll. long. の興奮性の変化を、和合の $0.75\mu\text{F}$ V/Vr 法により測定し、次の点について考察した。

A 疲労の発現とその変化

1. 不随意性疲労は、電流の強さによつて発現時間を異にした。すなわち 1.0mA では20分間刺激で、 1.5mA では15分間刺激で、3乃至 4mA では10分間刺激で疲労の発現を認めた。電流の強い程疲労の発現時間が短かかった。

2. 1.0mA の電流の強度では15分間の持続刺激までは増加率の変化はおこらないが、20分間以上では増加し、30分間のとき増加率は殆んど不変であつた。 1.5mA のときは15分間で増加率の増加がおこり、刺激持続時間が大きくなつても増加率は15分間の時と殆んど不変であつた。3乃至 4mA では5分間では正常値を保ち10分間以上で増加がおこつた又持続時間の増大と共に前二者と異りやゝ増大を示した。

3. 夫々の電流の強さに於て、疲労の発現を観察すると V/Vr の最大値及び回復時間は刺激時間の増加により増大を認めた。

4. 刺激中及び刺激後も被験者には疲労感がなかつた。和合⁽¹⁴⁾も不随意性疲労に於ては疲労感がないと述べている。

B Ach 注射の疲労に対する効果

Ach 及び prostigmine 注射による疲労に対する効果は認められなかつた。すなわち非注射時とくらべ V/Vr の最大値、増加率、回復時間及び Km 等の変化はみられなかつた。

C Gl. acid 注射による疲労に対する効果

和合と其の共同研究者⁽⁴⁾は gl. acid 連日内服投与し、同時に注射したときの、人体骨格筋の不随意性収縮疲労に対する効果についてのべ、内服のみでは、疲労を V/Vr の正常値まで抑制することが出来なかつたが、注射を併用すると正常値以下になつたと報告している。和合⁽¹⁷⁾、赤羽⁽²⁾、渥美⁽³⁾、岸⁽⁶⁾⁽⁸⁾も不随意性収縮疲労に gl. acid がある程度の効果があると述べている。本実験に於て gl. acid 4mg/kg の皮下注射では、

此の疲労を完全に抑制出来なかつたが、gl. acid 注射時と非注射時とについて V/Vr 値の最大値及び回復時間を比較すると、注射時の V/Vr の最大値は著明に低下し、回復時間は短縮するのを認めた。このことは gl. acid が本実験の疲労に対し、ある程度抑制効果がある事実を物語っている。Km について注射時と非注射時を比較すると、注射時 Km と非注射時 Km の差は殆んどなかつたがしかし注射時の Km は非注射時より常に大きかつた。又前項のように刺激時間が大きくなると、増加率は増加するが、このとき gl. acid を注射すると前述の非注射時と同じく増加率の大きさと同比例して抑制効果が認められた。

以上の事実によつて本実験の疲労は不随意性の収縮疲労であり、疲労刺激を与えられない、安静にしていて疲労してない管の測定筋 m. ext. poll. long. の興奮性の低下が認められた。

V 結 論

低周直角脈波 $3\sim$ で、人体骨格筋の両側 m. rect. fem. に同時に直接刺激を加えて、不随意性収縮疲労をおこし、安静筋である m. ext. poll. long. の最小伸展運動を示標とし、 $0.75\mu\text{F}$ V/Vr 法によつて測定し次の結果を得た。

1) 疲労刺激電流の強弱によつて本実験疲労の発現有効時間に相違があつた。

2) 刺激持続時間の延長により疲労は増大した。

3) 此の疲労には疲労感が伴はなかつた。

4) 此の疲労に対して Ach の抑制効果はなかつた。すなわち V/Vr の最大値、回復時間及び Km の変化は認められなかつた。

5) 此の疲労を gl. acid は完全には抑制出来なかつたが、ある程度の効果はみられた。すなわち、

a. 注射時の V/Vr の最大値、増加率及び回復時間は非注射時に比べ著しい変化が現れた。

即ち V/Vr の最大値及び増加率は低下し、回復時間は短縮した。

b. 刺激持続時間の変化によつて、増加率直線(第16図)について注射時と非注射時と比べると、増加率は共に増加をしたが全般的にみて前項 a と変らない結果であつた。

6) 本実験の疲労は主として不随意性の収縮疲労であると云う事が出来る。

文 献

①赤羽伸弘(1958) 中部地区生理学会発表(於岐阜

医大) ②瀧美英雄 (1958) 中部地区生理学会発表 (於岐阜医大) ③del. Pozo, E. C. Am. J. Physiol. 135, 763 (1942) ④和合卯太郎・其の他 (1958) 信州医学雑誌 7, 594 ⑤岸 茂 (1959) 信州医学雑誌 8, 2, 288 ⑥岸 茂 (1959) 信州医学雑誌 8, 3, 409 ⑦清水貞男 (1957) 日本生理学雑誌 19, 19, 385 ⑧Wago, U. & T. Wakabayashi (1931) Jap. J. Med. Sci., Biophysics 2, 37 ⑨Wago, U. & T. Wakabayashi (1931)

Jap. J. Med. Sci., Biophysics 6, 43 ⑩和合卯太郎 (1938) 日本生理学雑誌 3, 225 ⑪和合卯太郎 (1952) 信州大学紀要 2, 17 ⑫和合卯太郎 (1953) 信州大学紀要 3, 105 ⑬和合卯太郎 (1954) 信州大学紀要 4, 121 ⑭和合卯太郎 (1956) 日本生理学雑誌 18, 12, 165 ⑮和合卯太郎 (1957) 脳と神経 9, 9, 585 ⑯和合卯太郎 (1959) 日本生理学雑誌 近日発表予定 ⑰和合卯太郎 (1957) Guronsan (中外製薬株式会社発行)