

持続的作業による人体骨格筋の随意性疲労

第2報 種々疲労抑制剤の効果について
(人体の筋・神経の興奮性の研究 第LII報)

昭和34年12月26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)

研究生 吉原 達雄

Voluntary Fatigue by Continuous Work of a Skeletal Muscle in Man; 2nd Report: the Effects of various Inhibitory Agents
(Studies on the Excitabilities of Nerve and Muscle in Man, LII)

Tatsuo YOSHIHARA

Department of Physiology, Faculty of Medicine, Shinshu University
(Direct. Prof.: U. Wago)

I 緒言

最近, 和合^{⑤⑥⑦⑧⑨}, 岸^{⑦⑧⑨⑩}及び松原^{⑬⑭⑮⑯}等は, 人体骨格筋の transmission fatigue と contraction fatigue^{①②③④}について, 前者は acetylcholine, ACh で完全に抑制出来, 後者は出来なかつたが, glucuronic acid, gl. acid^{⑭⑮⑯}で部分的に抑制出来たことを報告した。

更に, 岸^⑩は, 人体について, 電氣的に刺激して m. rectus femoris に疲労を起したとき, 刺激持続時間が増すと(10分間から40分間), 増加率 i. r.^{⑥⑦⑧}は正比例して増大したが, 恢復時間恒数 Km 及び Kn^{⑥⑦⑧}は殆んど constant であつたことを報告した。

吉原^⑰は, 人体で随意的に下肢を伸展拳上したとき, その下肢の m. rect. fem. に観られた疲労は, 作業時間が増しても(10分間から40分間)必ずしも正比例せず, Km 及び Kn は有意の変動を示さなかつたことを報告した。又骨格筋に, 随意的に同一時間作業したとき, 発生した疲労の性質は, 負荷の有無, 下肢拳上運動が持続するか, 反復繰返えすか等の作業条件の相違によつて相当違つていたことも述べた。

本研究では, 前報告^⑰で得られた, 所謂「随意性疲労」^{⑤⑥⑦⑧}について, 更に詳細に追求したので報告した。

II 実験方法

A 測定方法

人体で, 一側の下肢を種々の条件で随意的に伸展拳上させたとき, 同じ下肢の m. rect. fem. の骨格筋疲労^⑰に対し, 作業直前に予め微量の ACh 又は gl. acid を皮下注射して, これらの疲労抑制効果を, この筋直接「筋」又は間接「神経」について 0.75 μ F V/Vr 法^{⑥⑦}で測定した。

B 測定装置その他

前報告^⑰と全く同様, 和合の原法^{⑤⑧}に従つた。

C 疲労を起す方法及びこれと ACh 及び gl. acid との関係

下記の三種類の方法による骨格筋疲労に対し, ACh 及び gl. acid の効果を観たが, 方法の詳細は前報告^⑰と同様であつた。

疲労を起す運動開始直前, 運動持続期間の長いときは(30分間及び40分間), 運動終了5分前, 予め ACh 又は gl. acid を上腕外側皮下に注射しておき, 運動終了直後から, V/Vr 値を測定して, これ等薬物の疲労抑制効果をみた。

a) 負荷のない持続的拳上運動 特に ACh 0.05g 注射のときは, 運動持続時間は, 10分間, 15分間, 20分間, 30分間及び40分間の5種類について測定した。ACh 0.07g 使用のときは, 10分間, 20分間, 40分間の3種類の運動持続時間について実施した。

b) 負荷のない反復拳上運動 特にこの疲労に対し, ACh 0.07g 及び gl. acid 200mg の抑制効果をみた。

c) 負荷 (5.02kg) のある持続挙上運動 特にこの疲労に対し, ACh 0.07g の抑制効果をみた。

D 使用した疲労抑制剤

ACh は, 塩野義製薬株式会社の Ovisot を使い, 実施に当つては予め ACh 注射 5 分前に, prostigmine 0.75cc を上腕外側皮下に注射した。これには, 第一製薬株式会社製の Vagostigmine を使用した。

gl. acid は, 中外製薬株式会社製の Guronsan (10) 200mg を上腕外側皮下に注射して, 運動終了直後から V/Vr 値を測定して疲労抑制効果をみた。

E 被験者

前報告^⑦と全く同様であつた。

II 実験成績

A 負荷のない持続挙上に対する ACh の効果

種々の時間, 下肢を持続して伸展挙上したとき, m. rect. fem. に起る疲労^⑧について, 「筋」及び「神経」について ACh の疲労抑制効果を観た。

1) 同一測定時の実験順序による効果の相違

Ach (0.05g) を注射しない実験を, ACh の抑制効果を観た実験の前後に実施し, 実験順序の相違による成績の変動を調べた。

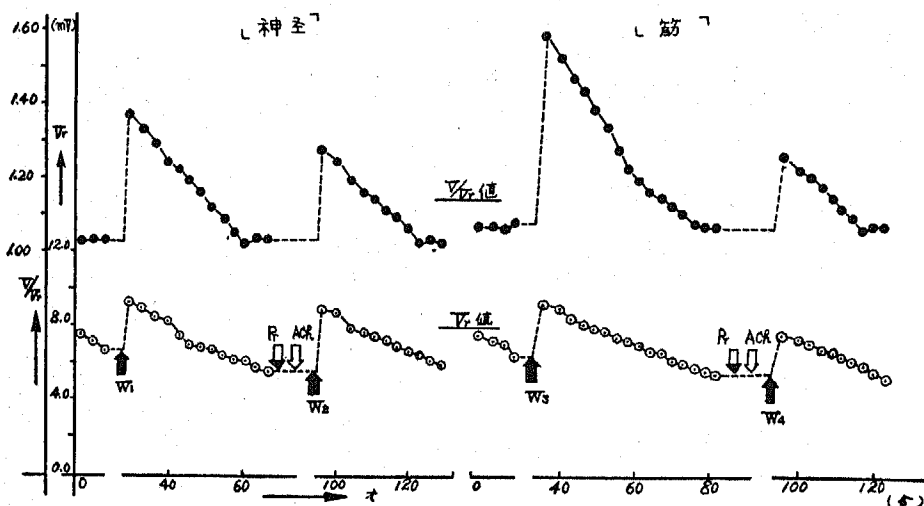
第1図に示した様に, Ach の注射のない実験に比べて, 注射したときの i. r. は明かに減少したが, 充分抑制出来なかつた。

次に, 実験順序に従つて成績をまとめ比べると (第1表), 「筋」及び「神経」の何れの場合も, i. r., Km 及び Kn の全ての点でよく一致した。つまり, 同一測定時の実験順序の相違による成績の違いは, 問題になる程度でないことが判つた。

2) 負荷のない持続挙上に対する Ach (0.05g) の効果

10分間, 15分間, 20分間, 30分間及び40分間の5種類の時間, 下肢を持続挙上させたとき^⑧, 予め, ACh (0.05g) を皮下注射し, 運動直後からその下肢の m. rect. fem. の V/Vr 値を測定して疲労抑制効果を観た (第1図)。

i. r. は, 「筋」でも, 「神経」でも, 被験者別及び運動時間別の何れの点でも, ACh 注射のないときに比べて著しく減少した。疲労抑制の程度を観ると次の通りであつた。「筋」では (括弧内は運動時間を示す) 35% (10分間), 44% (15分間), 43% (20分間), 25% (30分間) 及び11% (40分間) で, 又「神経」では,



第1図 負荷のない下肢持続挙上による骨格筋疲労に対する ACh (0.05g) の効果 (W₁, W₂, W₃ 及 W₄: 20分間作業; Pr: ワゴスチグミン 0.75cc 皮下注射; ACh: アセチルコリン皮下注射)

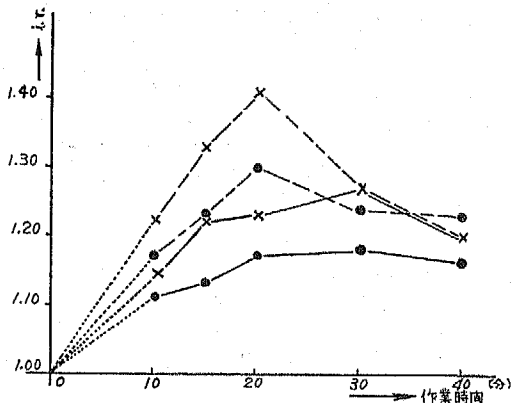
「筋」※

被験者	対 照 → 注 射				注 射 → 対 照			
	ACh 注射時		非注射時		ACh 注射時		非注射時	
	i.r.	km	i.r.	km	i.r.	km	i.r.	km
K. F. (23ys)	1.17	分 1.30	1.36	分 0.95	1.23	分 1.26	1.34	分 1.17
	1.16	1.25	1.33	1.09	1.14	0.93	1.26	0.65
	1.19	1.21	1.48	0.88	1.21	0.95	1.33	0.73
A. A. (17ys) 平 均	1.14	0.93	1.27	0.70	1.22	1.13	1.35	0.86
T. M. (17ys) 平 均	1.15	1.07	1.24	0.75	1.20	1.15	1.35	0.80
A. S. (17ys) 平 均	1.19	1.21	1.34	0.77	1.15	1.10	1.33	0.76
全 平 均	1.17	1.16	1.34	0.86	1.19	1.09	1.33	0.83

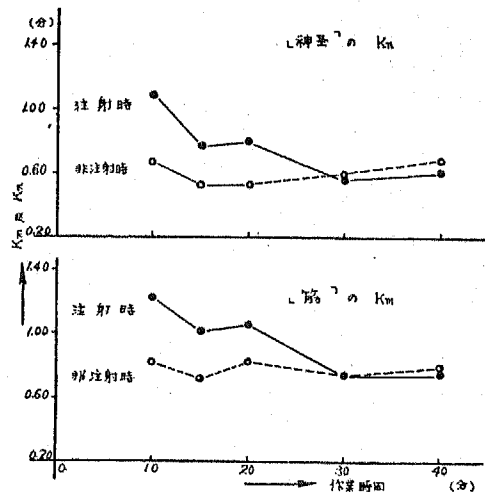
「神経」※

C. S. (17ys)	1.23	1.13	1.33	0.94	1.20	1.10	1.37	0.92
	1.16	1.25	1.24	1.00	1.21	1.19	1.39	1.00
	1.13	1.15	1.20	1.00	1.24	1.08	1.41	0.98
A. A. (17ys) 平 均	1.19	0.74	1.24	0.54	1.15	0.87	1.45	0.49
T. M. (17ys) 平 均	1.25	0.76	1.41	0.49				
全 平 均	1.19	1.01	1.28	0.79	1.20	1.06	1.41	0.85

第 1 表 実験前後に ACh (0.05g) を注射したときの骨格筋疲労について
(※ 負荷なしの持続挙上, 5分間作業)



第 2 図 種々の時間下肢持続挙上による骨格筋疲労の増加率に対する ACh (0.05g) の効果 (実線は注射時, 破線は非注射時; ...:「筋」; ××:「神経」)



第 3 図 種々の下肢挙上時間による, 骨格筋疲労の Km 及 Kn に対する ACh (0.05g) の効果

「筋」※

作業時間	10 分間			15 分間			20 分間			30 分間			40 分間													
	ACh 注射時		非注射時	ACh 注射時		非注射時	ACh 注射時		非注射時	ACh 注射時		非注射時	ACh 注射時		非注射時											
	正常 値	i.r. km 分	i.r. km 分	正常 値	i.r. km 分	i.r. km 分	正常 値	i.r. km 分	i.r. km 分	正常 値	i.r. km 分	i.r. km 分	正常 値	i.r. km 分	i.r. km 分											
被験者 A.A. (17ys) 平均	3	1.09	1.10	1.28	1.16	0.91	1.10	1.12	1.04	1.24	0.78	1.10	1.16	1.09	1.30	0.76	1.10	1.17	0.81	1.23	0.84	1.00	1.16	0.79	1.21	0.81
N.K. (17ys) 平均	3	1.11	1.11	1.17	1.16	0.81	1.09	1.17	1.07	1.25	0.74	1.08	1.21	1.08	1.34	0.80	1.09	1.25	0.73	1.32	0.75	1.09	1.19	0.78	1.18	0.79
T.M. (17ys) 平均	3	1.09	1.12	1.30	1.19	0.77	1.11	1.10	0.94	1.21	0.65	1.10	1.13	1.01	1.27	0.62	1.10	1.14	0.67	1.16	0.63	1.09	1.14	0.70	1.16	0.77
全平均		1.10	1.11	1.25	1.17	0.83	1.10	1.13	1.02	1.23	0.72	1.09	1.17	1.06	1.30	0.83	1.10	1.18	0.74	1.24	0.74	1.09	1.16	0.76	1.18	0.79

「神経」※

A.A. (17ys) 平均	3	1.03	1.17	0.99	1.25	0.72	1.04	1.21	0.79	1.31	0.57	1.03	1.24	0.94	1.39	0.62	1.04	1.27	0.50	1.26	0.60	1.05	1.19	0.64	1.18	0.76	
N.K. (17ys) 平均	3	1.04	1.14	1.16	1.24	0.73	1.05	1.21	0.78	1.31	0.61	1.04	1.20	0.79	1.37	0.51	1.03	1.26	0.61	1.24	0.62	1.04	1.21	0.63	1.22	0.69	
T.M. (17ys) 平均	3	1.03	1.12	1.14	1.14	0.60	1.04	1.26	0.76	1.37	0.45	1.04	1.26	0.70	1.43	0.48	1.04	1.29	0.59	1.31	0.57	1.03	1.21	0.59	1.20	0.63	
全平均		1.03	1.14	1.10	1.22	0.68	1.04	1.22	0.78	1.33	0.54	1.04	1.23	0.81	1.41	0.54	1.04	1.27	0.57	1.27	0.60	1.04	1.20	0.62	1.20	0.69	
Km-Kn			0.15		0.15		0.24		0.24		0.18		0.25		0.29		0.17		0.17		0.14		0.14		0.14		0.10

第2表 作業時間が異るとき、下肢持続挙上による骨格筋疲労に対する ACh (0.5g) の効果 (※負荷なし)

36% (10分間), 33% (15分間), 44% (20分間)であつたが, 30分間及び40分間では, 殆んど抑制されなかつた(第2表)。結局, この成績は, AChの有効期間⑥⑦⑧を考慮して実施したにも拘らず, この様な成績であつたのは, 随意的な骨格筋疲労でも, 運動時間が延長すると, 比較的 ACh で抑制出来にくい疲労が起ることが判つた。

Km 及び Kn は, 「筋」でも, 「神経」でも, 運動時間

が10分間, 15分間及び20分間の場合は, ACh投与でも残つた疲労は, 夫々増大し, Km は(括弧内は運動時間を示す), 0.42分(10分間), 0.30分(15分間), 0.23分(20分間), 一方 Kn では, 0.42分(10分間), 0.24分(15分間), 0.17分(20分間)だけ夫々増大した。一般に, 運動時間の延長に伴つて, 増大の割合は減少し, 30分間及び40分間の運動では, 殆んど有意の変動が認められなかつた(第2表)(第2図)(第3図)。

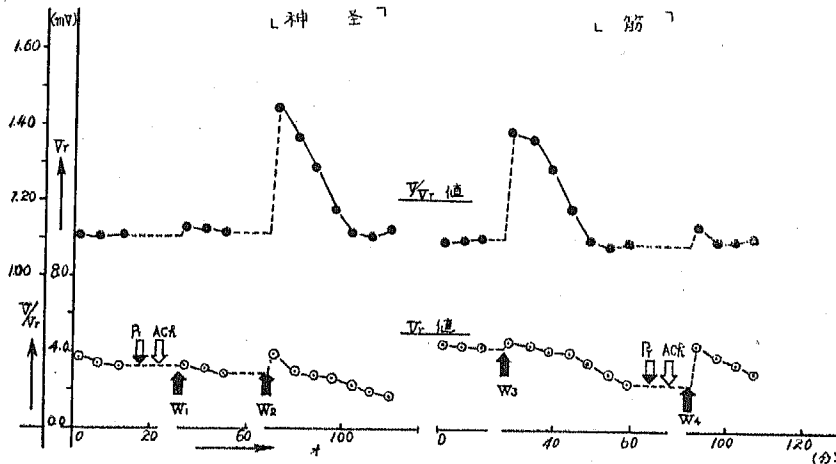
「筋」

作業時間	10分間				20分間				30分間			
	ACh注射時		非注射時		ACh注射時		非注射時		ACh注射時		非注射時	
	正常値	i.r. km	i.r. km	正常値	i.r. km	i.r. km	正常値	i.r. km	i.r. km			
被験者	1.08 (1.01)	—	1.15 0.74	1.10 (1.02)	—	1.31 0.65	1.10 (1.00)	—	1.14 0.64			
	1.10 (1.02)	—	1.18 0.72	1.12 (1.00)	—	1.21 0.70	1.11 (1.04)	—	1.19 0.78			
	1.11 (1.00)	—	1.08 0.87	1.10 (1.04)	—	1.27 0.74	1.10 (1.02)	—	1.11 0.73			
	1.11 (1.00)	—	1.13 0.62	1.10 (1.02)	—	1.36 0.61	1.08 (1.00)	—	1.18 0.89			
	1.09 (1.02)	—	1.12 0.75	1.11 (1.02)	—	1.16 0.88	1.12 (1.02)	—	1.11 0.82			
平均	1.10 (1.01)	—	1.13 0.74	1.11 (1.02)	—	1.26 0.72	1.10 (1.02)	—	1.15 0.77			
Y. A. (18ys) 平均	1.08 (1.01)	—	1.15 0.71	1.08 (1.01)	—	1.30 0.71	1.08 (1.02)	—	1.16 0.77			
N. K. (17ys) 平均	1.11 (1.01)	—	1.16 0.85	1.12 (1.01)	—	1.23 0.78	1.09 (1.02)	—	1.14 0.80			
全平均	1.10	—	1.15 0.77	1.10	—	1.26 0.74	1.09	—	1.15 0.78			

「神経」

被験者	1.03 1.00	—	1.25 0.56	1.02 1.02	—	1.37 0.46	1.04 1.02	—	1.32 0.41
	1.04 1.01	—	1.20 0.55	1.03 1.00	—	1.43 0.49	1.02 1.00	—	1.18 0.45
	1.02 1.01	—	1.16 0.50	1.03 1.03	—	1.46 0.48	1.02 1.03	—	1.28 0.43
	1.03 1.00	—	1.21 0.57	1.02 1.01	—	1.33 0.49	1.03 1.02	—	1.18 0.39
	1.04 1.00	—	1.17 0.47	1.04 1.00	—	1.50 0.52	1.04 1.02	—	1.22 0.46
平均	1.03 1.00	—	1.20 0.53	1.03 1.01	—	1.42 0.49	1.03 1.02	—	1.24 0.71
Y. A. (18ys) 平均	1.03 1.01	—	1.20 0.49	1.03 1.01	—	1.38 0.42	1.04 1.02	—	1.22 0.50
N. K. (17ys) 平均	1.03 1.01	—	1.21 0.50	1.03 1.01	—	1.40 0.43	1.03 1.02	—	1.23 0.58
全平均	1.03	—	1.20 0.50	1.03	—	1.40 0.45	1.03	—	1.23 0.58

第3表 負荷のない下肢持続挙上による骨格筋疲労に対する ACh 増量 (0.07g) の効果



第4図 負荷のない下肢の持続挙上による骨格筋疲労に対する ACh 増量の効果 (W₁, W₂, W₃ 及 W₄: 20分間作業; Pr: ワゴスチグミン 0.75cc 皮下注射; ACh: アセチルコリン 0.07g 皮下注射)

3) 負荷のない持続挙上に対する ACh (0.07g, 平均して, $a \times 10^{-4}$ /kg) の効果

上記, 運動のうち, 10分間, 20分間及び40分間の3種の時間, 下肢を持続して伸展挙上したときの m. rect. fem. の疲労について, 前項と同様に, ACh を増量 (0.07g) して疲労抑制効果を観た。V/Vr 値は, ACh 注射時, 運動終了後実験誤差範囲^④の変動を示したが正常値とみなされた。即ち ACh を増量すれば上記疲労が全て抑制出来た (第3表)(第4図)。

B 負荷のない反復持続挙上に対する薬物の効果

1) ACh の効果

毎分58~60回の頻度で, 5分間下肢を反復挙上したとき, その下肢の m. rect. fem. に発生する疲労^④について, 運動開始5分前に, 予め ACh 0.07g を上腕外側皮下に注射して, この疲労抑制効果を m. rect. fem. の「筋」についてのみ調べた。

V/Vr 値は, 運動終了後, 有意の変動を示さず, 略々一定した値であった。この程度の ACh 量で, 完全に抑制出来たことが認められた (第4表)(第5図)。

2) gl. acid の効果

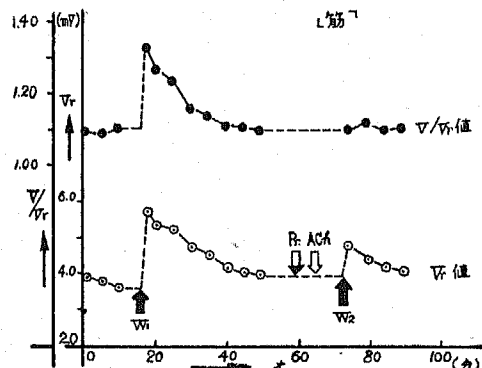
上記と同様の疲労に対し, 運動開始5分前に, 予

め, gl. acid 200mg を上腕外側皮下に注射し, m. rect. fem. の「筋」について疲労抑制作用を観た。

V/Vr 値は, 運動終了後依然増大して最大値を示し疲労が発生した (第6図)。

i. r. は, 被験者別でも, 全平均値別でも, 非注射時に比べて, 著しく減少し, 相当程度の疲労抑制作用が認められた。

Km は, 被験者別, 全平均値別の何れの場合も, 非注射時に比べて, 殆んど増減なく, 平均0.12分の差を示したのみで, 特に有意と看做すことは出来なかつた^⑦。即ち, i. r. は減少したが, Km は略々同一値を示した (第5表)。



第5図 負荷のない下肢の反復挙上による骨格筋疲労に対する ACh (0.07g) の効果 (W₁ 及 W₂: 5分間作業; Pr: ワゴスチグミン 0.75cc 皮下注射; ACh: アセチルコリン注射)

「筋」※

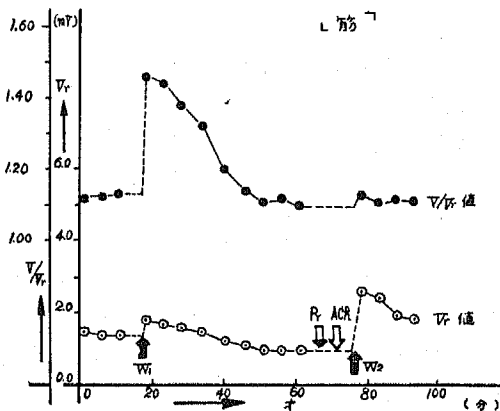
被験者	ACh 注射時			非注射時	
	正常値	i.r.	km	i.r.	km
A.A. (17ys)	1.08	1.07	0.71	1.20	1.30
	1.10	(1.00)	-	1.20	1.25
	1.12	(1.02)	-	1.09	1.33
	1.09	(1.01)	-	1.20	1.30
	1.11	(1.02)	-	1.33	1.15
平均	1.10	(1.02)	-	1.20	1.27
T.M. (17ys) 平均	1.10	(1.01)	-	1.21	1.09
Y.A. (18ys) 平均	1.08	(1.02)	-	1.23	1.19

第4表 負荷のない下肢反復挙上による骨格筋疲労に対するACh (0.07g) の効果 (※5分間作業)

「筋」※

被験者	ACh 注射時			非注射時	
	正常値	i.r.	km	i.r.	km
A.A. (18ys)	1.11	(1.01)	-	1.29	1.04
	1.09	(1.03)	-	1.38	1.18
	1.12	(1.02)	-	1.23	1.08
	1.12	(1.02)	-	1.30	0.98
	1.10	(1.02)	-	1.28	1.00
平均	1.10	(1.02)	-	1.29	1.06
K.A. (17ys) 平均	1.10	(1.02)	-	1.34	1.00
N.T. (18ys) 平均	1.09	(1.03)	-	1.29	1.03

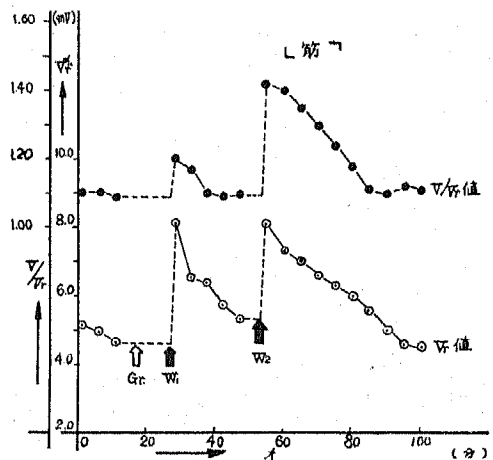
第6表 負荷した下肢の持続挙上による骨格筋疲労に対するACh (0.07g) の効果 (※5分間作業, 負荷5.02kg)



「筋」※

被験者	Gr 注射時			非注射時		km ₂ -km ₁
	正常値	i.r.	km ₁	i.r.	km ₂	
K.A. (17ys)	1.10	1.13	1.15	1.18	1.33	分
	1.12	1.09	1.11	1.26	1.15	
	1.08	1.16	0.94	1.27	1.07	
	1.10	1.09	1.00	1.30	1.17	
	1.08	1.10	1.00	1.24	1.04	
平均	1.10	1.11	1.04	1.25	1.15	0.09
T.M. (17ys) 平均	1.11	1.16	1.14	1.21	1.27	0.13
Y.A. (17ys) 平均	1.09	1.12	0.95	1.21	1.05	0.10
全平均	1.10	1.13	1.04	1.23	1.16	0.12

第5表 負荷のない下肢反復挙上による骨格筋疲労に対するグルクロン酸 (200mg) の効果 (※5分間作業)



第6図 負荷のない下肢の反復挙上による骨格筋疲労に対するグルクロン酸 (200mg) の効果 (W₁ 及 W₂: 5分間作業; Gr: グルクロン酸皮下注射)

第7図 負荷のある下肢の持続挙上による骨格筋疲労に対するACh (0.07g) の効果 (W₁ 及 W₂: 負荷5.02kgで5分間作業; Pr: ワゴスチグミン0.75cc皮下注射; ACh: アセチルコリン注射)

C 負荷のある持続拳上に対する ACh の効果

5.02kg 負荷した下肢を、5分間持続して伸展拳上したとき、その下肢の *m. rect. fem.* に現れる疲労^⑩に対し、運動開始5分前に、予め、ACh 0.07g を皮下に注射して、その疲労抑制効果を、「筋」について測定した。

V/Vr 値は、運動終了後有意の増大を示さず、疲労が抑制されたことが認められた(第6表)(第7図)。

IV 討 論

A transmission fatigue

骨格筋軽度疲労には、ACh の僅く微量即ち平均 $a \times 10^{-4} \text{g/kg}$ で抑制出来るものと、量を増しても抑制出来ないものが区別される^{⑥⑦⑧⑩⑫⑬⑭⑮⑯}。このような疲労の相違は、主として neuromuscular junction に於ける impulses の frequency に因るものと考えられる^{①②③④}。

本実験に観られた疲労は、全て voluntary efforts によるものであつたが、種々の点から、同一作業持続時間にも拘らず、5.02kg の負荷を与えた下肢持続拳上の際の *m. rect. fem.* の疲労が最も強く、次いで、負荷のない反復持続拳上、負荷のない持続拳上の順であつた。更に Km 及び Kn の点から観ると、夫々 1.03分、1.23分及 0.80分であつた。

次に、ACh の効果は、本実験で得られた全ての骨格筋疲労は、平均 $a \times 10^{-4} \text{g/kg}$ 程度の量で、全て抑制出来た。がしかし $a \times 10^{-4} \text{g/kg}$ 程度の量では、種々の時間負荷のない持続拳上による骨格筋疲労に対する効果は、持続時間別に、被抑制度、Km 及び Kn の点でも種々違つた変動を示し、一般に、作業時間の短い疲労程、強くその抑制を受けた。この効果は充分 ACh の有効期間を考慮した上の成績であつた。

結局、この実験で得られた疲労は、作業条件の相違にも拘らず、Rosenblueth 及び del Pozo^{①④} 等の transmission fatigue と看做することが出来た。然しながら Km 及び Kn、及び ACh の有効度などから、更に詳細な分類が出来ることが判つた。

更に作業条件の相違による、この様な成績の相違は、これ等の疲労発生が、末梢の問題のみでなく、この作業に直接に関係する中枢性の問題も密接した事実と思われた。

B 所謂「随意性疲労」

勿論、人体骨格筋の作業形式に、随意性、即ち voluntary efforts によるものと、「不随意性」、即ち主として受動的な電氣的刺激によるものとが区別出来るが、発生する疲労を判つきり区別する方法は観られなかつた。

最近、和合^{⑦⑧}は、V/Vr 法によつて、この二つの形式による骨格筋疲労について、次のような点を明らかにした。即ち、随意性疲労では $Km > Kn$ 、不随意性疲労では $Km = Kn$ であり、その他 ACh の有効期間の相違を明らかにし、前者を「随意性疲労」、後者を「不随意性疲労」と呼んだ。この研究で得られた成績では、常に $Km > Kn$ の関係が認められ、この点と和合の「随意性疲労」に一致する成績を示したが、更に、実測値からみると、実験条件の違いから同一下肢の随意的作業にも拘らず、i. e., Km 及び Kn、及び ACh の抑制度などについて明らかな相違を示した。以上の事実から、本研究に観られた疲労は全て和合の所謂「随意性疲労」であつたが、更に、V/Vr 法によると、実験条件の相違によつて種々の型の疲労を詳細に測定することが出来た。この様な成績は骨格筋作業に中枢性の問題も関与しているためと考えれば、充分説明出来る。

V 結 論

A 人体について、種々の条件で、一側下肢を持続して伸展拳上させ、その下肢の *m. rectus femoris* に現れる疲労に対し、予め、微量の ACh 又は gl. acid を皮下に注射し、これ等の薬物の疲労抑制効果を、 $0.75 \mu\text{F V/Vr}$ 法によつて調べた。

B 負荷なしで、10分間、15分間、20分間、30分間及び40分間の5種類の時間持続して伸展拳上した時の *m. rect. fem.* の疲労は、平均 $a \times 10^{-4} \text{g/kg}$ の ACh では著しく抑制されたが、充分ではなかつた。このとき、運動時間が短いとき程、ACh による被抑制度は高く、Km 及び Kn の増大は著明であつた。更に、ACh の量を1.5倍に増すと、これ等疲労はすべて完全に抑制出来、この程度の疲労を抑制出来る ACh の閾有効濃度が、この間にあることが判つた。

C ACh 使用時と非使用時との実験成績は、順序を換えても、同一結果であつた。

D 負荷しない下肢を、5分間、毎分58~60回の頻度で反復挙上したとき、その下肢の m. rect. fem. の疲労は、平均 $a \times 10^{-4} \text{g/kg}$ の ACh で完全に抑制出来た。又これと同一の疲労に対し、gl. acid (200mg) の疲労抑制作用は不十分であつた。

E 5.02kg の負荷した下肢を、5分間持続して挙上したとき、その下肢の m. rect. fem. に発生する疲労は、0.07g、即ち平均 $1.5 \times 10^{-4} \text{g/kg}$ の ACh で完全に抑制出来た。

F 本実験で観られた疲労は、大部分が transmission fatigue であつた。この疲労と所謂「随意性疲労」との関係は、なほ詳かでなかつた。

後記:

本研究は昭和31年9月から、昭和34年12月までの間に、信州大学医学部第一生理学教室で実施した。擧筆にあたり、和合卯太郎教授の温かいご指導とご校閲に心から謝意を表します。

文 献

- ①Rosenblueth, A., D. B. Lindsley & R. S. Morison (1936) Am. J. Physiol. 15, 53 ②Rosenblueth, A. & R. S. Morison (1937) Ibid. 119, 236 ③Rosenblueth, A. & J. V. Luco (1939) Ibid. 126, 58 ④del Pozo E. C. (1942) Ibid. 135, 763 ⑤和合卯太郎 (1952) 信大紀要 2, 17 ⑥和合卯太郎 (1953) Ibid. 3, 106 ⑦和合卯太郎 (1954) Ibid. 4, 122 ⑧和合卯太郎 (1956) 日本生理誌 18, 965 ⑨和合卯太郎 (1957) 脳と神経 9, 585 ⑩和合卯太郎 (1957) Reports on Guro-nsan (中外製薬株式会社発行) ⑪岸茂 (1959) 信州医誌 8, 288 ⑫岸茂 (1959) Ibid. 8, 296 ⑬松原幹彦 (1959) Ibid. 8, 392 ⑭岸茂 (1959) Ibid. 8, 409 ⑮松原幹彦 (1959) Ibid. 8, 499 ⑯松原幹彦 (1959) Ibid. 8, 738 ⑰吉原達雄 (1959) 本誌同時掲載