

騒音による安静人体骨格筋の興奮性の変化について

騒音による安静骨格筋の伝達疲労

(人体の神経筋の興奮性の研究 第16報)

昭和33年8月24日受付 (特別掲載)

信州大学医学部生理学教室 (主任: 和合教授)

倉田吉清

I. 緒言

和合は仰臥して安静にしていた被験者に、15乃至25分間連続して暗算をさせると、疲労していない筈の m. rectus femoris に V/Vr 値の増大が現われ、更に暗算終了5分前に、微量の Acetylcholine, Ach, を注射すると V/Vr 値の増加が現われないことを報告している^①。

清水(道)は明順状態の人について、一定時間光を遮蔽すると、m. rect fem. の V/Vr 値が、減少することを明かにしている。

この様に、骨格筋の興奮性に対し、神経作業並びに知覚刺激の除去による影響が著しい。

騒音を音刺激として、これが安静にしている疲労していない筈の m. rect. fem. の興奮性に、如何なる影響を示すかを実験した。

II. 実験装置及び方法

被験者は15才から20才まで、体重は50kg乃至60kgの主として男子学生で、耳は勿論全身に病気の無いものであった。

実験には被験者を寝台の上に仰臥させて安静にさせ、その m. rect. fem. の興奮性を、筋直接に、乃至は n. femoralis を通じて間接に測定した。

測定装置は第一図の如くであり、測定は蓄電板放電刺激によって寝台外に出した下腿部の最小伸展運動を示標として一種の閾値である値を求めた^②、そして測定は和合の 0.75 μ F V/Vr 法を使用した。

第一図で×印は被験者の m. rect. fem. を直接及 n. femoral. を通じて間接に刺激した点である。comm. は方向転換器で、一回の通流直後必ず同一強度の電流を逆方向に流した。C は condenser で 20 μ F と 0.75 μ F とを使い、R₁ の可変抵抗器を種々に換えて、condenser にかゝる電圧を加減した。

刺戟点の選び方、及電極の位置、その他の実験条件の全ては、和合の原法の通り^③であった。

音の刺激は、新聞社の輪転機の下で、騒音をテープレコーダーに録音したものを使い、このテープレコーダーを被験者の右の耳から大体鼓膜に垂直に30cm離れた位置におき、続持して10分間聞かせた。この場合

耳の位置に於ける音の強さは約 112 phones であつた。

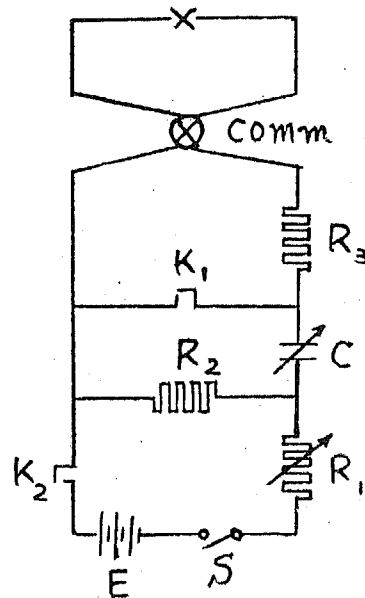
実験中及びその前後に於て注意すべき諸事項は、和合の原法通り実施した。

なほ、記号、略称等は^④を参照されたい。

III. 実験成績

1) 安静 m. rectus femoris の V/Vr 値に対する騒音の影響

m. rect. fem. の V/Vr 値を、筋直接に乃至は n. femoral. を介して間接に、3~4 回繰り返し正常値を測



- x : 筋
- Comm : 方向転換器
- R₃ : 固定抵抗 (10000 Ω)
- C : 可変蓄電器
- R₂ : 固定抵抗 (1000 Ω)
- R₁ : 可減抵抗
- S : スイッチ
- E : 電源 (6V)
- K₁, K₂ : 電鍵

第一図 V/Vr 値の測定回路

定し、次いで上述の方法により10分間騒音を聞かせた。

第二図の如く、直接及び間接測定の場合も疲労刺激後 V/V_r 値は増大し、漸時減少して正常値に戻った。

一方 rhéobase (V_r) は第3図に観られる様に、刺激後大多数例に於て漸時増加の傾向を示した。

V_r 値が不規則に変動するにもかかわらず、 V/V_r 値が一定の規則的な経過を示した事は、和合を始め他の実験と同様であった^{③④}。

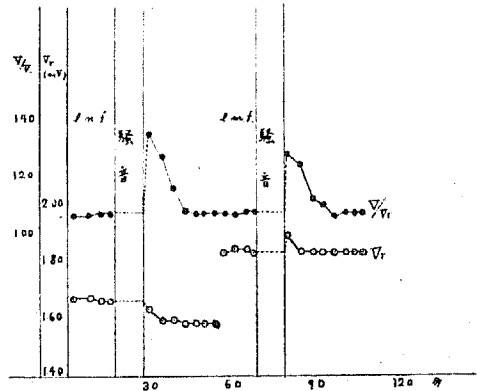
V/V_r 値の増加率の増加分と、恢復時間との間に正比例関係が見られ(第一表), 和合の K_m 及び K_n を算出することが出来た。

他の被験者の K_m 及び K_n を見ると(第二表), 何れも K_m と K_n とは有意の差があり, K_m は K_n より明かに大きい。この点は和合が既に発表している^{③④}。

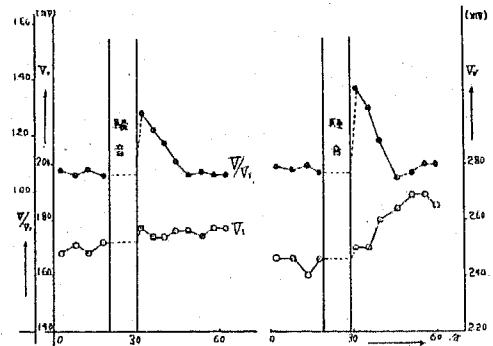
Mosso のエルゴメーターで、5.02kg の重りを引かせた場合の手の疲労、及び足関節に同一程度の重りを荷けた場合の足の疲労等に於ては何れも随意性疲労である。騒音刺激によつて増加した m. rect. fem. の V/V_r 値について、恢復時間からみれば、 K_m の方が K_n よりつねに大きいのは m. rect. fem. に随意性疲労がおこつた場合と同一である。

2) 騒音と骨格筋の Tonus の増加とに就て

騒音刺激によつて、m. rect. fem. の V/V_r 値が増加するが、これは騒音の影響か、それとも反射的に骨格筋の Tonus が増加する為か不明である。しかし被験者に実験中手足に全然力を入れない様に注意している。その時触診しても何もふれない上、被験者は全く



第二図 騒音と V/V_r 値の増加
被験者 M.T. 15才 ♂ (14, VIII, 1956)



第三図 騒音と V/V_r 値の増加
被験者 Y.A. 17才 ♂ (23, VII, 1956)

実験番号	恢復時間	増加率	K_n	実験番号	恢復時間	増加率	K_m
2	11分	1.16	0.69 分	1	16分	1.21	0.76 分
5	20	1.34	0.59	6	11	1.10	1.10
10	9	1.16	0.56	9	12	1.14	0.86
15	13	1.19	0.69	16	18	1.21	0.86
18	5	1.13	0.38	17	12	1.20	0.60
21	13	1.25	0.52	22	16	1.19	0.84
26	7	1.14	0.50	25	16	1.19	0.84
29	9	1.16	0.56	30	8	1.11	0.73
34	9	1.23	0.39	33	18	1.22	0.82
35	14	1.27	0.52	36	18	1.23	0.78
40	13	1.29	0.54	39	13	1.16	0.81
平均			0.53 ± 0.02	平均			0.82 ± 0.02

$K_m - K_n = 0.29$ 分

第一表 被験者 T. M 15才 ♂

被験者	n	V/Vr 正常値	増加率	恢復時間	Kn	Km
T. M.	11	1.08	1.21±0.02	11 分	0.53±0.02分	分
15才 ♂	M 11	1.09	1.18±0.01	14		0.83±0.02
Km - Kn = 0.30分						
Y. M.	8	1.08	1.24±0.01	12	0.51±0.01	
17才 ♂	M 8	1.08	1.23±0.03	16		0.73±0.02
Km - Kn = 0.22分						
T. K.	5	1.08	1.23±0.01	11	0.46±0.02	
19才 ♂	M 5	1.08	1.19±0.02	14		0.71±0.01
Km - Kn = 0.25分						

第二表 刺激; 112 phones 10分間
n ; 実験回数
N : M; 直接 (M) 及び間接測定

被験者	実験番号	正常値 V/Vr	V/Vr 最大値	被験者	実験番号	正常値 V/Vr	V/Vr 最大値
Y. M.	692 rnf	1.01	1.00	Y. M.	752 I lmf	1.01	1.02
	697 rnf	1.02	1.05		752 III lmf	1.01	1.01
	700 rnf	1.01	1.01		763 II rmf	1.01	1.07
			763 III rmf		1.03	1.00	
平均		1.01	1.02		平均		1.02

第三表

被験者	n	正常値 V/Vr	増加率	Km 及 Kn
Y. M.	N 3	1.01	1.00	-
	M 4	1.02	1.00	-
H. K.	N 3	1.01	1.00	-
	M 3	1.02	1.00	-
Y. N.	N 3	1.04	1.00	-
	M 3	1.05	1.00	-
H. S.	N 3	1.03	1.00	-
M. O.	M 3	1.02	1.00	-

第四表

安静状態で力が入っていないといふ。

一方両脚及腰に、僅かに力を入れて(手には触れない)騒音刺激のときより、やゝ Tonus 上昇と思われる状態にして、10分間後に V/Vr 値を測定したが、これは増加せず正常値を示していることが明らかになった。

若し僅かの力が入っても、V/Vr 値が多少増加して

も一方恢復過程があるので V/Vr 値が変化しないのかもしれない(第三表, 第四表)。

具体的に言へば, m. rect. fem. の V/Vr 値を、筋直接に又は n. femoral. を介して間接に、3-4 回繰り返し正常値を測定し、次で上述の Tonus の僅少の増加を3分間、ついで3分間力をぬき週刊雑誌を両手で支へて読ませ、又4分間 Tonus の多少の増加を起させた。(合計10分間)

3) 騒音による安静骨格筋疲労に対する Acetylcholine の効果

上述の実験で音の刺激を与える5分前、予め Vago-stigmin (physostigmine 製剤, 塩野義製薬) 0.5cc, 次で Ovisot (acetylcholine 製剤, 第一製薬) 0.033gr を注射した。

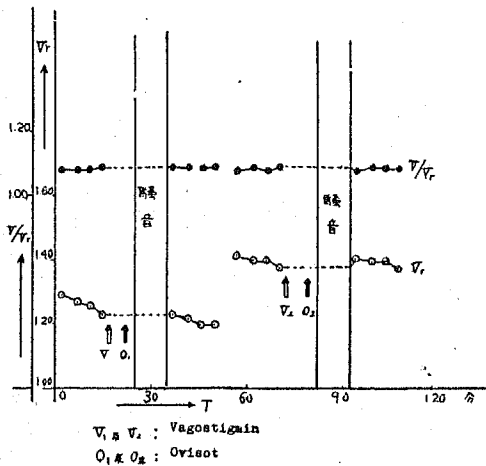
第四図, 第五表の様に注射しない時には、必ず疲労を起し得る刺激を加へても、Ach のため V/Vr 値の増大は全く見られなかつた。

IV. 考 按

上述の成績から騒音によつて、m. rect. fem. の V/Vr 値の増加は興奮性の低下を意味する。何等かの作業による興奮性の低下、即ち閾値の増大は、疲労と

被験者		n	V/Vr 正常値	増加率	Km 及 Kn	Ach 注射量 (体重 gr 当り)
T. M. 19才 ♂	N	3	1.09	1.00	—	6.2×10^{-7} gr
	M	3	1.08	1.00	—	
T. K. 19才 ♂	N	3	1.08	1.00	—	6.2×10^{-7} gr
	M	3	1.08	1.00	—	
Y. A. 18才 ♂	N	3	1.08	1.00	—	5.7×10^{-7} gr
	M	4	1.08	1.00	—	

第五表 刺激: 112 phones 10分間



第四図 acetylcholine の効果
被験者 T.M. 15才 ♂ (1, X, 1956)

認めて差支えない。まして疲労は全身性のものであることを思えば、これは疲労であり、Ach で抑制される事実から伝達疲労であると看做しても誤りでないと思ふ。

本研究に最も関係の深いのは、前述の和合^④及び清水(道)^⑦の研究である。

清水(道)は、寝台上に安静に仰臥させた被験者に40分乃至50分間網膜への光を完全に遮ぎり、その間安静にしていた m. rect. fem. について V/Vr 値の測定をした。その結果は遮光と同時に徐々に V/Vr 値が低下して約20分位で最小値に達し、そのまま平衡状態が続き、再び光をあてると、急に V/Vr 値が上昇して正常値に戻る。遮光前の明さが大きい程、最小値に達する時間が延長される。

この事実は眼の暗順応及び明順応のときの網膜興奮性の時間的变化と一致している。

和合は15分間の暗算によつて、寝台上に安静にしている疲労していない筈の m. rect. fem. に、V/Vr 値

の増大が現はれたことを見ている。

この時も予め Ach を注射しておけば、V/Vr 値の増大は全く起らなかった。

和合及び私の研究では何れも Km が Kn よりも大きく、又 Ach に依つて抑制されることは、随意努力に依る随意性疲労と同様であつた。又清水(道)の研究と合せ考へると、知覚刺激を加へること、及び之を除去することによつて、安静骨格筋の V/Vr 値が増大又は減少したこと、及び和合の様に精神作用によつても同様疲労が起ることは、之等が神経性のものであり、中枢神経系の興奮と安静骨格筋の興奮性の変化との間に密接な関係のあることを示すものであり、興味深いと思ふ。

V. 総括

1) 寝台上に仰臥していた被験者に、一方の耳から 0.3m の距離から 112 phones の騒音を10分間聞かせて、0.75 μ FV/Vr 法(和合)によつて m. rect. fem. の V/Vr 値を、筋直接に又 n. femoral. を通じて間接に測定した。

2) 騒音で聴覚器を刺激すると、安静にしている、疲労していない筈の m. rect. fem. に直接、間接測定共疲労があらわれた。即ち刺激直後 V/Vr 値は急激に増大し、後徐々に正常値に戻つた。この時の恢復時間恒数 Km 及び Kn は 0.76分及び 0.50分であつた。

3) 予め acetylcholine 及び prostigmine の少量を注射して置くと、刺激しても筋に起るべき V/Vr 値の増加は起らなかった。従つて本実験の疲労は trans-mission fatigue とみなす事が出来た。

4) 和合^④は15分間の暗算によつて、安静にしていた m. rect. fem. の疲労が現はれ、Ach によつて抑制出来ることを発表している。

5) 清水(道)^⑦は、40分又は50分間網膜への光を完全に遮断すれば、安静にしている、疲労していない筈の m. rect. fem. の V/Vr 値の減少が起り、約20分後 minimum となり、後平衡状態を続け、光をあてる

と急に増加して、V/Vr 値の正常値に戻る事を報告した。

6) 本研究及び和合、清水の実験は何れも知覚刺激を加へるか又は知覚刺激を除去することによつて、及び精神活動をうながすことによつて、即ち神経性の刺激の有無が、安静骨格筋に影響して V/Vr 値の増減即ち疲労の発生並びに減少を来すことを示している。

文 献

- ①和合卯太郎 (1938) 日本生理誌 3, 3. ②和合卯太郎 (1953) 信州大学紀要 3, 29. ③和合卯太郎 (1954) 信州大学紀要 4, 79. ④和合卯太郎 (1954) 信州大学紀要 4, 87. ⑤和合卯太郎 (1956) 日本生理誌, 18, 12, 965. ⑥和合卯太郎 (1957) 脳と神経 9, 9. ⑦清水道男 (1957) 日本生理誌 19, 2.
⑧和合卯太郎 近日中に日本生理誌に掲載の予定.

Change of Excitability of Skeletal Muscle in Man under the Exposure of the Subject to Noise

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

Yoshikiyo Kurata

Department of Physiology, Medical College,
Shinshu University

(Director: Prof. U. Wago)

I) On human subjects lying on their backs on the bed V/Vr values of m. rectus femoris were measured directly from the muscle and indirectly through n. femoralis by Wago's 0.75 μ F V/Vr method.

During the experiments the subjects were exposed to the noise which was 112 phones in magnitude at one of the ears, and comparison was made on the V/Vr values before and during the exposure to the noise.

II) By stimulating the auditory organs

with the noise an increase was observed in the V/Vr value of the direct and indirect measurements on the muscles at rest.

III) In case of the preliminary injection of small dose of acetylcholine and prostigmine, the stimulation failed to bring about the increase in V/Vr value. Therefore the fatigued state caused on the peripheral muscles by the exposure to the noise can be assumed to belong to the so-called "transmission fatigue"

IV) According to the investigation by U. Wagonental calculation caused a fatigued condition on the m. rectus fem. at rest in terms of V/Vr value, and the injection of acetylcholine could prevent the fatigued condition on the muscle.

V) According to the investigation by M. Shimizu, as light is intercepted completely from the retinas of the subjects for 40 or 50 minutes, the V/Vr values of the m. rectus fem at rest showed gradual decrease, arrived at the minimum about 20 minutes later and after that the values remained stationary at the minimum value.

At the exposure of the retinas to the light the V/Vr value showed rapid increase and returned to the normal value.

VI) The results of Wago, Shimizu and the author of this article showed that the stimulation of the upper part of the central nervous system i. e. mental calculation, and the exposure to the visual and auditory stimulation caused a change in the excitabilities of the peripheral skeletal muscles at rest in terms of V/Vr value.