

第一表乃至第四表に於て K_m 及び K_n を見ると、 K_m は K_n よりつねに大きい。

又、増加率 $i. r.$ は、5分間、10分間についての区別は見られなかつた。

IV. 考 按

93 phones の聴刺激の刺激時間と V/V_r の変化を調べたとき、5分間、10分間の刺激では V/V_r は増大したが、20分間では V/V_r の変化が現われなかつた。

疲労過程と恢復過程と同時に起ることが当然予想されるから、知覚刺激中、模型図のような両過程が起り、その代数和として V/V_r 値の変化が現われたものと考えられる。

V. 総 括

1) 93 phones の騒音で、聴覚器を刺激し $0.75\mu F$ V/V_r 法によつて、安静骨格筋の興奮性の変化を測定した。

2) 刺激持続時間は5分間、10分間、20分間とした。5分間及び10分間では、 V/V_r 値が増加したが、20分間では変化せず正常値を保つた。

3) この事實は、疲労刺激の持続中、当然疲労過程が起り、同時に恢復過程が起つているものと思われる。

Relationship between Duration of Stimulation by Noise and Change of Excitability of Unfatigued Skeletal Muscle

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

Yoshikiyo Kurata

Department of Physiology, Medical College, Shinshu University

(Director: Prof. U. Wago)

1) By stimulating the organ of hearing with a noise of 93 phones, the change of excitability of an inactive skeletal muscle was measured by the $0.75\mu F$ V/V_r method.

2) Each duration of the stimulation was 5 or 20 or 20 minutes respectively. In 5 and 10 minutes the V/V_r value increased but in 20 minutes it kept the normal value.

3) This fact seems to show that for the duration of stimulation a fatigue process occurs, as a natural consequence while at the same time a recovery process is going on to occur, and the results obtained are algebraic summation of these two processes of positive and negative excitabilities.

騒音による人体骨格筋疲労と随意性努力とについて

(人体の筋・神経の興奮性の研究 第18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

被験者を寝台上に仰臥させ、安静にさせて、騒音を聞かせると、 $m. rectus femoris$ に疲労が発生することは既に報告した^{①②}。

その後、さきに和合^④が報告したように、片足の足関節に $5.02kg$ の重りをかけて、随意努力による作業を、騒音刺激中に行わせて、如何なる疲労がおこるか、和合の $0.75\mu F$ V/V_r 法^③によつて実験したのでこゝに報告する。

II. 実験方法

1) 測定方法 騒音刺激と同時に負荷して、 $m. rect. fem.$ にあらわれる興奮性の変化を、筋直接に、及び $n. femoralis$ を通じて間接に刺激し、下腿の最小運動^④を示標として、和合の $0.75\mu F$ V/V_r 法^③に

よつて測定した。

2) 測定装置 測定装置及び測定時必要な注意事項等は、すべて前報告^①と同様であつた。

3) 疲労をおこす方法 疲労をおこす方法としては、以下の二つの方法を用いた。

a) 騒音は前報告^①と同じ 93 phones を使用し、5分間持続して聞かせた。この条件の疲労刺激を騒音とする。

b) 騒音の終了直前に、足関節に $5.02kg$ の重りを30秒間かけて、下腿部を水平に支えさせた。従つて騒音とこの足作業とは同時に終了し、直後から測定を始めた。この条件の疲労刺激を負荷とする。

4) 被験者 医学的に健康と看做し得る18才から21才までの男子学生6名について実験した。実験前約2

時間以上は、身心の安静を保たせ、食後2時間以上経ってから実施した。

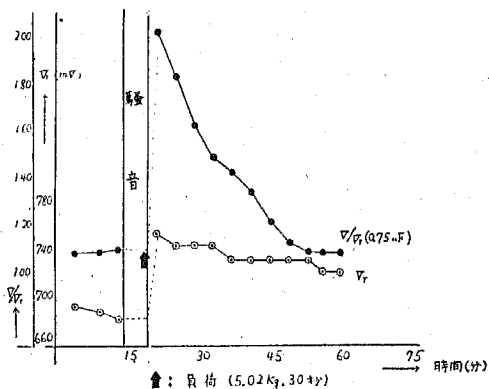
5) Physostigmineは塩野義製薬株式会社製のVagostigmin, acetylcholine は第一製薬株式会社製のOvisot を使用した。

III. 実験成績

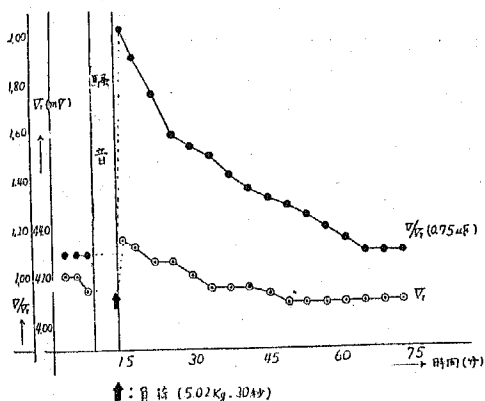
1) 騒音による疲労に対する負荷の影響

騒音を5分間持続して聞かせ、終了直前に30秒間負荷を実施した。

騒音^①及び負荷^②夫々単独に使用したとき m. rect. fem. の疲労と同様、V/Vr 値は疲労刺激直後著しく増大して最大値を示し、後次第に刺激前の値に戻った。第一図及び第二図は夫々その筋直接に、及び n. femoral. を介して間接に刺激して、その V/Vr 値を測定し、上記疲労刺激条件による疲労曲線を求めたものである。



第一図 騒音による人体骨格筋疲労に対する負荷の影響



第二図 騒音による人体骨格筋疲労に対する負荷の影響

先づ、Vr については、一部は V/Vr 値とほぼ同様の経過を示すものもあつたが、大部分は一定の傾向を示さなかつた。

本実験で得られた数値は第一表及び第二表に示してある。増加率は、従来の実験^{③④}と同様、疲労刺激直後最大値を示し、かつ恢復時間との間に、正比例関係があり、Km 及び Kn^⑤を夫々算出すると、いづれも一定値を得た。全例を通じて、Km は平均 0.65分、Kn は 0.44分で、Km-Kn の平均は 0.21分であり、Km > Kn の関係も見られ、和合^{③④}の報告による随

実験番号	V/Vr 正常値	増加率	Km	実験番号	V/Vr 正常値	増加率	Kn
311	1.09	1.83	0.66	310	1.09	1.79	0.53
314	1.09	1.97	0.56	315	1.09	1.81	0.45
319	1.09	1.85	0.61	318	1.08	1.78	0.42
320	1.09	1.65	0.80	321	1.09	1.67	0.42
329	1.09	1.76	0.55	328	1.09	2.53	0.29
334	1.08	1.70	0.69	335	1.09	1.84	0.43
337	1.08	1.98	0.39	336	1.09	1.92	0.48
340	1.08	1.59	0.70	341	1.09	1.73	0.38
376	1.09	1.95	0.60	375	1.09	1.64	0.50
377	1.08	1.73	0.66	378	1.10	1.69	0.41
平均		0.62 ± 0.02		平均		0.43 ± 0.01	

$Km - Kn = 0.19$

第一表 騒音による人体骨格筋疲労に対する負荷の影響

被験者: A. A., 93 phoes 5分間
負荷: 5.02 kg, 30秒間

被験者	性別	年齢	実験回数	V/Vr 正常値	増加率	Kn 及び Km	Km - Kn
A. A.	N	10	10	1.09	1.84	0.43 ± 0.01	0.19
18才 ♂	M	10	10	1.09	1.80	0.62 ± 0.02	
S. K.	N	7	7	1.09	1.69	0.44 ± 0.03	0.23
18才 ♂	M	7	7	1.09	1.69	0.67 ± 0.03	
Y. A.	N	7	7	1.08	1.68	0.43 ± 0.02	0.19
18才 ♂	M	7	7	1.08	1.68	0.62 ± 0.01	
T. M.	N	3	3	1.09	1.83	0.44 ± 0.03	0.18
18才 ♂	M	3	3	1.09	1.84	0.62 ± 0.01	
K. F.	N	3	3	1.09	1.68	0.47 ± 0.01	0.23
18才 ♂	M	3	3	1.08	1.78	0.70 ± 0.03	

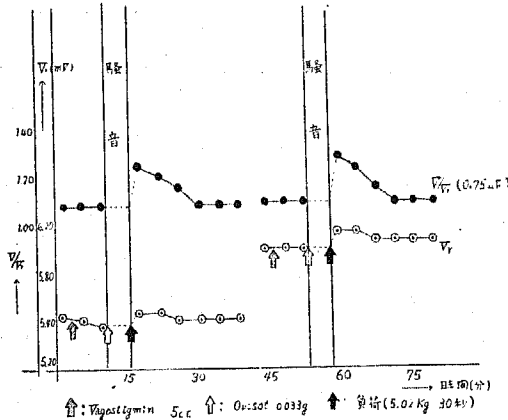
第二表 騒音による人体骨格筋疲労に対する負荷の影響

意性骨格筋疲労と同様な結果が得られた。しかしながら、最大増加率の平均が極めて大きいことは注目されるべき事実と思われる。

2) Ach の効果

a) 上記疲労に対する Ach の疲労抑制作用^{③⑥⑦}を調べた。疲労刺激直前に Vagostigmin 0.5c.c., Ovisot 0.033g を上腕外側の皮下に注射した。第三図に示したように、V/Vr 値は疲労刺激直後増大して最大値を示し、後漸次正常値にもどつた。しかしながら、第三表及び第四表に見られるように、増加率は約80%減少を示しており、明らかに抑制効果を示している。本実験に於ける疲労には、少くとも一部伝達疲労が含まれていると看做れる。

Km 及び Kn については、Km の平均は0.81分、Kn は平均0.67分で、Km > Kn であつた。Km と Kn との



第三図 騒音及び負荷による人体骨格筋疲労に対する Ach の効果

実験番号	V/Vr 正常値	増加率	Km	実験番号	V/Vr 正常値	増加率	Kn
347	1.09	1.12	0.92	346	1.09	1.17	0.71
379	1.09	1.17	0.88	380	1.09	1.29	0.48
386	1.08	1.22	0.73	385	1.09	1.20	0.60
389	1.08	1.15	0.80	390	1.09	1.17	0.65
396	1.08	1.16	0.94	395	1.09	1.16	0.75
平均		0.85±0.03		平均		0.64±0.03	

$Km - Kn = 0.21$

第三表 騒音及び負荷による人体骨格筋疲労に対する Ach の効果

被験者: Y. A., 93 phones 5 分間
Ach: 10⁻⁷g/g (体重)

差は平均0.15分で、Ach を作用させないときの疲労と似ている。ただし、Km 及び Kn の値が、疲労刺激のみの場合に比して0.18分及び0.24分夫々増大したことは注目すべき事実と思われる。

被験者	Ach 量 10 ⁻⁷ g/g(体重)	実験回数	V/Vr 正常値	増加率	Kn 及び Km	Km-Kn
Y. A. 18才♂	6.6	N 5	1.08	1.20	0.64±0.03	0.21
	6.6	M 5	1.09	1.16	0.85±0.03	
A. A. 18才♂	6.0	N 3	1.09	1.17	0.70±0.07	0.05
	6.0	M 3	1.09	1.14	0.75±0.04	
J. A. 18才♂	6.0	N 3	1.09	1.15	0.68±0.04	0.16
	6.0	M 3	1.09	1.24	0.84±0.02	

第四表 騒音及び負荷による人体骨格筋疲労に対する Ach の効果
93 phones 5 分間

b) 次に Vagostigmin 0.75c.c., Ovisot 0.05g を疲労刺激直前に皮下注射して、上記疲労に対する効果をみた。

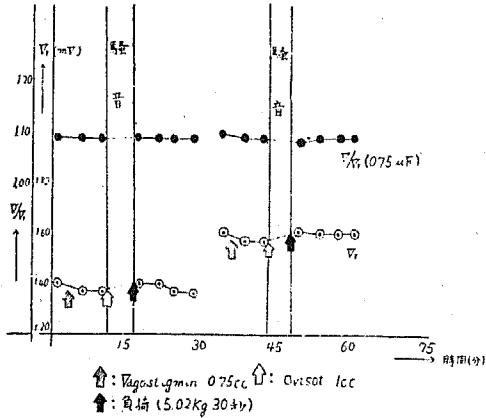
第四図に示したように、V/Vr 値は疲労刺激後増大することなく、実験誤差範囲の変動をしたのみで、Ach による完全な疲労抑制効果が見られた。従つて上記実験では増大した Km 及び Kn をもつた疲労が残つたが、結局 Ach 量の不足によるものであることが明らかとなつた。

IV. 考 按

1) 随意性疲労との関係

和合^④によれば、足関節に負荷したとき m. rect. fem. の疲労を直接、間接に刺激して、その興奮性を測定したとき、V/Vr 値の平均最大増加率が、夫々1.29 及び1.34 であつた。一方著者^①によると、93 phones の騒音を5分間聞かせた場合に、m. rect. fem. に現われる疲労の平均最大増加率は、夫々1.19 及び1.17 であつた。本実験では、夫々1.76 及び1.74 で、上記二成績の和以上の極めて大きな値であつた。両数値の和の約60%及び45%も大きい。このことは、本実験に使用した二種の疲労刺激の効果が、相互作用に疲労の増大を促進しているのか、又は何れかの刺激による効果が他の疲労発生の増加を促進しているのか何れかであろう。

次に、上記二報告及び本実験による Km 及び Kn を見ると、すべて実験誤差範囲で一致するものと看做し得るし、Km-Kn の値も0.36分、0.23分及び0.20分で、夫々等しいものと云える。又何れの成績でも Km > Kn



第四図 騒音及び負荷による人体骨格筋疲労に対する Ach の効果

実験番号	V/Vr 正常値	増加率	Km	実験番号	V/Vr 正常値	増加率	Kn
353	1.09	-	-	354	1.09	-	-
362	1.09	-	-	361	1.08	-	-
369	1.08	-	-	370	1.09	-	-
394	1.08	-	-	393	1.09	-	-
401	1.09	-	-	402	1.10	-	-

第五表 騒音及び負荷による人体骨格筋疲労に対する Ach の効果

被験者: A. A. 18才 ♂
93 phones 5 分間. Ach 10^{-7} g/g (体重)

被験者	Ach 量 10^{-7} g/g(体重)		実数 回数	V/Vr 正常値	増加率	Kn 及び Km
A. A. 18才 ♂	9.1	N	5	1.09	-	-
	9.1	M	5	1.09	-	-
Y. A. 18才 ♂	10	N	3	1.09	-	-
	10	M	3	1.09	-	-
K. F. 18才 ♂	9.1	N	3	1.09	-	-
	9.1	M	3	1.09	-	-

第六表 騒音及び負荷による人体骨格筋疲労に対する Ach の効果
93 phones 5 分間

の関係が明らかに見られ、かつ Ach によつて完全に疲労が抑制されていること、従来報告されている随意性疲労^{②③}に一致するものであると云える。

和合は被測定側疲労にも測定側疲労と同様に V/Vr 値の増加のあらわれること、及び負荷による手の疲労

が、疲労していない筈の足の骨格筋に疲労を起すのは、液性作用によると云つては、本実験成績も、この液性作用によつて、負荷による疲労の増大が促進されたものであると説明するのが最も適当と思われる。

2) Ach の効果

既に、骨格筋疲労に Ach の微量によつて、抑制されるものとしからざるものとあることが明らかにされているが^{④⑤⑥⑦⑧}、本実験に於ける疲労についてもこのことを確かめてみた。

先づ予め Vagostigmin 0.5c.c. を皮下注射しておく、ついで Ach を 6.6×10^{-7} g/g (体重) の割で皮下注射したところ、負荷後に V/Vr 値が増加し、かつ Km 及び Kn が大きくなつた。ことに Kn については、Ach を授与しない場合に比し、明らかな増大を示していた。これは Ach によつて抑制され難い疲労が残つたためであらう。

しかし、更に Ach $9 \sim 10 \times 10^{-7}$ g/g (体重) 及び Vagostigmin 0.75c.c. を夫々増量して授与すると、完全に疲労発生が抑制できたから、結局、本実験の疲労は、著者^①の報告した疲労と全く同一性質をもつた伝達疲労であり、かつ同一骨格筋の伝達疲労についても、その大小差があることを示している。

V. 総括

1) 人体について、騒音を聞かせた場合、安静にしていて疲労していない筈の m. rect. fem. に V/Vr の変化が現われたことは前報の通りである。この時足関節に 5.02kg の重りを 30秒かけて、この騒音中の疲労がどのように現われるか m. rect. fem. を直接に、並に n. femoral. を通じて間接に刺激し、疲労をおこし和合の $0.75 \mu F$ V/Vr 法によつて実験した。

2) 騒音と同時に随意性作業をさせると、疲労していない筈の m. rect. fem. に、騒音のみのときの V/Vr 値より更に大きな疲労が現われた。この時の Km 及び Kn は疲労刺激のみの時の Km, Kn より大きく、しかも、いつも $Km > Kn$ であつた。

3) 本実験の疲労は、和合が報告した随意性疲労と同一のものであつた。

4) 本実験の疲労は Ach の微量で完全に抑制できたから、伝達疲労であることが明らかである。

後記; 摺筆にあたり、和合卯太郎教授に終始ご懇切なご教導とご校閲を賜つたことについて、心から謝意を表す。

なお、本研究は前報告を含め、昭和31年1月から、昭和33年8月までの間に、信州大学医学部生理学教室で実施した。

文 献

- ①倉田吉清: 本誌掲載 (第17報). ②和合卯太郎: 信大紀要 2, 17, 1952. ③和合卯太郎: 信大紀要, 3, 29, 1953. ④和合卯太郎: 信大紀要 4, 79, 1955. ⑤和合卯太郎: 日本生理誌 18, 12, 965, 1956. ⑥Dale H. H. Feldeberg W. & Vogt M.: J. physiol. 86; 353, 1936. ⑦del Pozo E. C.: Amer. J. physiol. 135; 763, 1942. ⑧Rosenblueth A. & Morison R. S.: Amer. J. physiol. 119; 955, 1956.

Relationship between Skeletal Muscle Fatigue by Noise and Voluntary Efforts

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

Yoshikiyo Kurata

Department of Physiology, Medical College,
Shinshu University
(Director: Prof. U. Wago)

1) It was reported previously that in case of letting a human subject hear noise, V/Vr

showed a change on the m. rectus femoris which was quite rest and could not be fatigued. At the time with a weight of 5.02 kg applied on the ankle joint for 30 seconds the V/Vr value during the noise by a direct stimulation of the muscle was estimated by Wago's $0.75\mu F$ V/Vr method.

2) With the voluntary work at the same time with noise a still larger increase in the V/Vr value m. rect. fem. was observed than that at the on the time of noise alone. At that time Km and Kn were bigger than those on the time of only a fatigue stimulation, and in either case Km was bigger than Kn.

3) The fatigue at this experiment was the same as the voluntary fatigue reported by Wago.

4) The fatigue at this experiment could perfectly be inhibited by a small dose of acetylcholine. Therefore this is clearly a transmission fatigue.

骨格筋の収縮疲労に対するグルクロン酸連続内服の効果について

(人体神経筋の興奮性の研究 第19報)

昭和33年8月24日受付 (特別掲載)

信州大学医学部第一生理学教室

倉田吉清 松原幹彦 和合卯太郎
山村栄 吉原達雄

正常時肝臓の中に含まれていて、抱合解毒剤と云われているグルクロン酸を、予め注射して、m. rectus femoris における収縮疲労及伝達疲労への影響を調査したところ、収縮疲労には可成り有効であり、伝達疲労にはほとんど無効であった^①。

一層大きな収縮疲労をおこすため、両側の m. rect. fem. を直接或は間接に同時に刺激して疲労をおこし、その時の疲労がグルクロン酸の連続内服によつて如何様に変化するかを験べた。

I. 実験方法

グルクロン酸 50mg 含有する錠剤グルクロン酸 (中外製薬株式会社製) を毎日食后 2 錠づつ 3 回およそ 50

日余り服用させて、前記の疲労刺激を与えて収縮疲労をおこし、その時の V/Vr 値を測定した。更にグルクロン酸 200mg の注射 (グルクロン酸注射薬, 中外製薬株式会社製) を併用して、収縮疲労への影響を測定した。

測定は $0.75\mu F$ V/Vr 法で、(1) Augospel 50~で、両側の n. femoralis を同時に10分間刺激して、m. rect. fem. の収縮疲労をおこした。測定時にグルクロン酸注射薬を使用して疲労のおこり方を同時に観測した。(2) Augospel 3~で、両側の m. rect. fem. を同時に15分間刺激し、又 (3) 両 n. femoralis を同時に10分間刺激して (1) と同様の研究をした。