

カエル骨格筋の残生に関する研究

I. Whole Sartorius Muscle の残生について

山内 一 功

札幌医科大学整形外科科学講座 (主任 河邨文一郎教授)

太 田 勲

札幌医科大学生理学第1講座 (主任 永井寅男教授)

Studies on the Survival of Frog Skeletal Muscle

I. Survival of Whole Sartorius Muscle

Kazunori YAMAUCHI

Department of Orthopedic Surgery, Sapporo Medical College

(Chief: Prof. B. Kawamura)

Isao OOTA

Department of Physiology (Section 1), Sapporo Medical College

(Chief: Prof. T. Nagai)

Changes of mechanical and electrical responses in frog whole sartorius muscle surviving at a constant temperature ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) in normal Ringer solution, Ringer solution which was supplemented with antibiotics or modified Medium 199 were examined and the following results were obtained.

1. The peak tensions of both twitch and potassium contracture (K-contracture) decreased gradually with the lapse of time after immersion of whole sartorius muscles in normal Ringer solution. Twelve hours after the immersion, the peak tensions of twitch and K-contracture decreased to about 55% and 67% of the control, respectively. Sixteen hours after the immersion, the respective peak tensions decreased to about 10% of the control. However, the peak tension of caffeine contracture did not change up to 12 hours after immersion, whereas it decreased to about 20% of the control 16 hours after immersion. Whole sartorius muscles surviving more than 12 hours in normal Ringer solution assumed a milky color and contained fibers which had a granular appearance. Proliferation of bacteria was observed in normal Ringer solution in which muscle preparations survived more than 12 hours.

2. In whole muscle surviving in Ringer solution with antibiotics (penicillin 50 U/ml plus streptomycin 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$), the twitch tension decreased gradually with the lapse of time after the immersion and it decreased to about 10% at 24 hours after immersion. On the other hand, the time course of the inhibition of the magnitude of K-contracture tension showed two distinct phases; the first phase in which the tension was inhibited very slowly and slightly (up to 36 hours after immersion), and the second phase in which tension was inhibited rapidly and completely. In addition, peak tension of caffeine contracture showed no changes up to 24 hours after the immersion whereas it decreased to about 23% of the control 48 hours after the immersion.

3. The magnitude of resting potential and the amplitude of action potential of fibers immersed in Ringer solution with antibiotics for 24 hours were quite similar to those of the control. Forty-eight hours after the immersion, overshoot of action potential was not observed, although the magnitude of resting potential showed no changes.

4. Twitch was abolished 6 days after immersion of whole muscle in modified Medium 199, whereas K-contracture and caffeine contracture were observed even after 18 days of the immersion.

On the basis of these results, the mechanism of inhibition of mechanical responses in surviving whole muscle was discussed.

(Received April 10, 1978 and accepted June 6, 1978)

1 緒 言

Kiku-iri¹⁾は、室温下に Ringer 液中で残生させたカエルの whole sartorius muscle において、twitch tension が control の約 10% にまで抑制された残生 24 時間後においても、なお action potential ならびに caffeine 拘縮は正常に起こることから、この条件下の残生筋においては、excitation-contraction coupling (E-C coupling) の dissociation が起こることを報告している。最近 Kosaka *et al.*²⁾は、カエルの single twitch fiber のカリウム拘縮 (K 拘縮) について、外液 Ca 除去の影響を詳細に検討し、この条件下に起こる K 拘縮の抑制は、mechanical inactivation の進行による E-C coupling の dissociation によることを報告している。

本論文では、残生筋における E-C coupling の dissociation¹⁾が Kosaka *et al.*²⁾の報告している外液 Ca 除去下に起こる E-C coupling の dissociation と同じカテゴリーに入ると見なし得るかどうかを明らかにするために、残生筋の K 拘縮に特に注目して、Kiku-iri¹⁾の報告を再検討した成績について述べる。

2 材料および方法

2.1 料 材

アカガエル (*Rana japonica*) の whole sartorius muscle を両端の腱を付着させたまま摘出し、これを使用した。

2.2 機械的応答の記録

摘出筋標本の両端の腱部分を、それぞれ絹糸で結紮し、一方をアクリル製横型液槽 (容量, 13 ml) 内に固定されているフックに、他方を strain gauge (SB-1 T, 日本光電工業社製) のレバーにそれぞれ連結し、次いで 1.0 g の伸展負荷を与えた。筋の機械的応答は、ペン書きオシログラフ (WI-260, 日本光電工業社製) 上に記録された。

電気刺激は、電子管刺激装置 (MSE-3, 日本光電工業社製) を用い、isolator (MSE-JM, 日本光電工業社製) を介して、矩形波として与えられた。刺激強度は超極大とし、持続時間は 0.5 msec とした。刺激電極としては標本と並行に置かれた massive electrode を用いた。Massive electrode は 1.5×30.0 mm の白金板から成る。

試験液の交換は、液槽の一端の排出口より液を排出し、他端から別の液を注入することにより行なわれた。

正常 Ringer 液下に 1 時間浸漬させた摘出筋標本の twitch, K 拘縮ならびに caffeine 拘縮をそれぞれの control とした。

実験温度は、クールニックス (Sharp, TE-12) を用いて 20±1°C に調節された水を液槽の外側を灌流させることに

より、液槽内液の温度を 20±1°C に一定に保った。

2.3 静止電位ならびに活動電位の測定

静止電位ならびに活動電位の測定は、細胞内微小電極法により、whole sartorius muscle の表層部の筋線維について行った。細胞内微小電極 (3 M KCl 充填, 電気抵抗 10~20 MΩ) からの電気的情報は、微小電極用増幅器 (MZ-4, 日本光電工業社製) により増幅され、ブラウン管オシロスコープ (VC-9, 日本光電工業社製) により観察し、記録された。

2.4 残生の方法

Ringer 液下の残生実験は、20±1°C に保った Ringer 液を入れたガラス製容器 (容量 200 ml) 内に筋標本を静置し、筋標本に対して伸展負荷は加えなかった。実験期間中 Ringer 液の交換は行なわなかった。

Modified Medium 199 下における残生実験では、無菌的に摘出した筋標本を modified Medium 199 (25 ml) が入ったシャーレ内に静置し、これを 20°C 下に incubator 内に静置した。筋標本に対して伸展負荷は加えなかった。Modified Medium 199 の交換は、最初は 24 時間後に、その後は 7 日目毎に行なった。

2.5 試験液

2.5.1 正常 Ringer 液: 115 mM NaCl, 2.5 mM KCl, 1.8 mM CaCl₂ とし、5 mM Tris-HCl buffer により pH 7.0~7.2 に調整された。

2.5.2 抗生剤添加 Ringer 液: 正常 Ringer に、Benzylpenicillin potassium (penicillin; 明治製菓株式会社製) 50 U/ml および Streptomycin sulfate (streptomycin; 明治製菓株式会社製) 10 μg/ml を加えて調製された。

2.5.3 190 mM K 液: 正常 Ringer 液中の NaCl を全部 95 mM K₂SO₄ に置換して調製された。

2.5.4 Caffeine-Ringer 液: 正常 Ringer 液に caffeine 濃度が 7 mM になるように caffeine を加えて調製された。

2.5.5 器官培養液 (modified Medium 199): Medium 199 (Earle's salts, Hepes buffer を含む; Flow 社製) を Harris and Miledi^{3,4)}の報告に準じて 50% 溶液とし、NaCl, KCl および CaCl₂ のそれぞれの濃度が正常 Ringer 液の濃度と等しくなるように NaCl, KCl および CaCl₂ を加えて調整された。抗生剤として penicillin 50 U/ml および streptomycin 10 μg/ml を加えた。

3 成績ならびに考察

3.1 正常 Ringer 液下の残生筋の mechanical response について

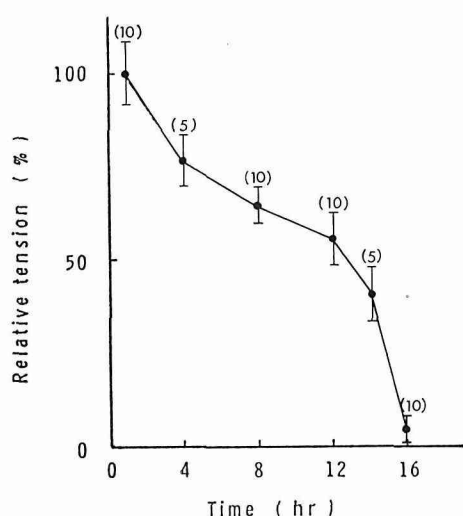


Fig. 1 Time course of decrease of twitch tension in whole sartorius muscle immersed in normal Ringer solution.

Vertical bar of each point is mean \pm S.E.. The number of experiments performed is given in parentheses.

正常 Ringer 液下に残生させた whole sartorius muscle の twitch tension の経時の変化を Fig. 1 に示した。Twitch tension は、残生時間の経過とともに次第に抑制された。すなわち、残生 8 時間後および 12 時間後の標本の twitch tension は、control のそれぞれの平均 $64.3 \pm 4.5\%$ ($n=10$) および平均 $55.3 \pm 7.0\%$ ($n=10$) にまで抑制された。残生 16 時間後の標本の twitch tension は、平均 $4.3 \pm 3.6\%$ ($n=10$) にまで抑制され、10 例中 5 例において twitch は、完全に抑制されていた。なお正常 Ringer 液下に 12 時間以上残生させた標本は、白濁する傾向が認められ、これらを顕微鏡下に観察すると、表層部の fiber は損傷を受け、いわゆる granular 状⁴⁾を呈していた。また、12 時間以上経過した残生液には浮遊物が認められ、これを遠沈 (3,000 回転, 10 分間) し、その沈渣を顕微鏡下に観察した結果、細菌の存在を認めた。これらの現象は残生時間の経過とともに著明になる傾向が認められた。

正常 Ringer 液下の残生筋の K 拘縮の経時の変化を Fig. 2 に示した。K 拘縮は、残生時間の経過とともに peak tension, tension 発生速度および自発性弛緩速度がいずれも次第に抑制された。K 拘縮の peak tension は、残生 8 時間後および 12 時間後では control のそれぞれの平均 $87.3 \pm 3.7\%$ ($n=10$) および平均 $66.9 \pm 4.5\%$ ($n=10$) に抑制され、その後、peak tension の抑制は急激に

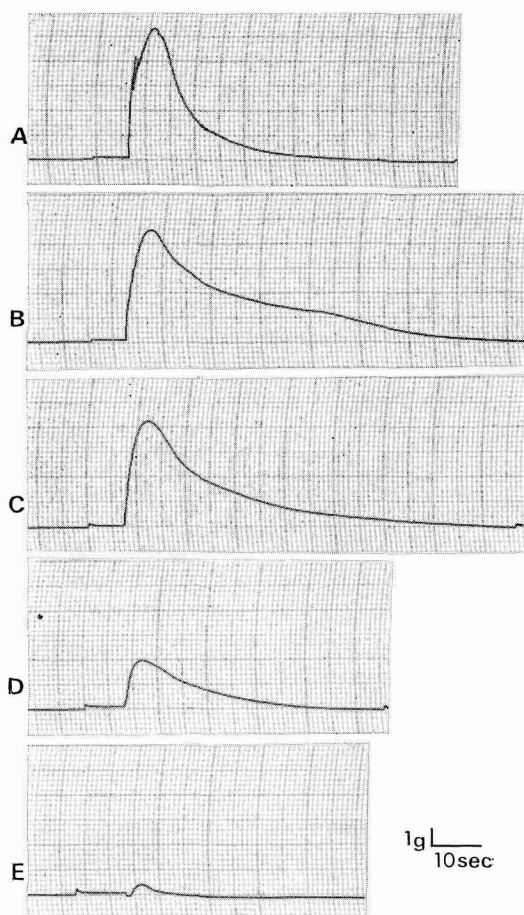


Fig. 2 Changes of potassium contracture in whole sartorius muscle at various time after immersion in normal Ringer solution. Potassium contractures were induced by 190 mM K^+ .

A: control contracture which was recorded 1 hour after immersion in normal Ringer solution. B-E: contractures recorded 8 hours (B), 12 hours (C), 14 hours (D) and 16 hours (E) after immersion in normal Ringer solution.

なり 16 時間後には平均 $8.1 \pm 3.6\%$ ($n=10$) にまで抑制された (Fig. 3).

正常 Ringer 液下の残生筋の caffeine 拘縮の経時の変化を Fig. 4 に示した。Caffeine 拘縮の peak tension は、残生 12 時間後では control のその平均 $96.8 \pm 8.5\%$ ($n=5$) であり、control のそれとほとんど差がなかったが、残生 16 時間後には平均 $18.8 \pm 2.3\%$ ($n=6$) に抑制された (Fig. 5).

以上のように、正常 Ringer 液下の残生筋の twitch な

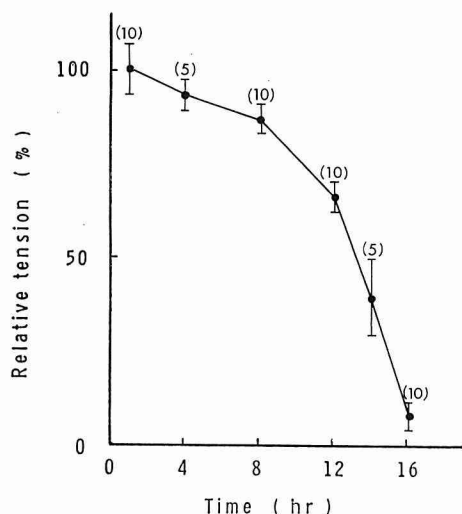


Fig. 3 Time course of decrease of potassium contracture tension in whole sartorius muscle immersed in normal Ringer solution.

Vertical bar of each point is mean \pm S.E.. The number of experiments performed is given in parentheses.

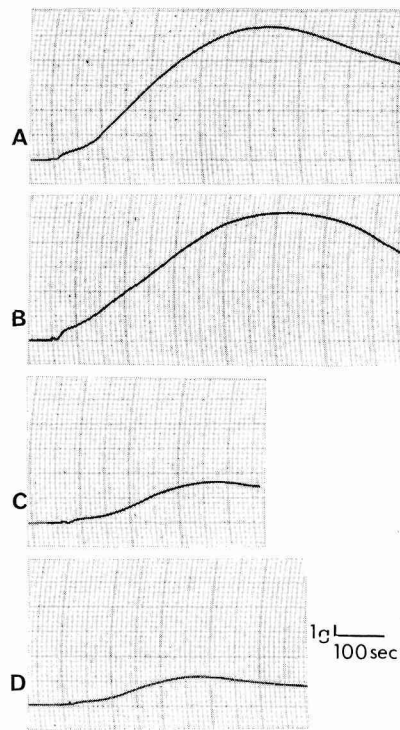


Fig. 4 Changes of caffeine contracture in whole sartorius muscle immersed in normal Ringer solution. Caffeine contractures were induced by 7 mM caffeine.

A: control contracture which was recorded 1 hour after immersion in normal Ringer solution. B-D: contractures recorded 12 hours (B), 14 hours (C) and 16 hours (D) after immersion in normal Ringer solution.

らびに K 拘縮の peak tension は、残生時間の経過とともにほぼ同じ様相で抑制された。一方 caffeine 拘縮の peak tension は、twitch ならびに K 拘縮の peak tension がそれぞれ約 55% ならびに約 67% にまで抑制された残生 12 時間後でも、なお control のそれとほぼ等しいことが認められた。しかし、twitch および K 拘縮の peak tension が control の 10% 以下に抑制された残生 16 時間後では、caffeine 拘縮の tension 発生は約 19% にすぎなかった。これらの成績は、Kiku-iri¹⁾が、われわれと同様にカエルの whole sartorius muscle について報告した成績よりかなり早期に筋の収縮性が抑制されることを示す。すなわち、Kiku-iri¹⁾は、室温下に正常 Ringer 液中に 24 時間残生させた筋の twitch tension は、なお control のその約 10% 程度認められ、caffeine 拘縮ならびに action potential は、control のそれらとほとんど変化ないことを認め、残生 24 時間後の whole sartorius muscle における twitch の抑制は、E-C coupling の dissociation によると報告している。従来、筋の残生は浴液の温度に依存し、筋は低温ほど長時間残生することが報告されている^{1,5)}。本実験における浴液の温度は $20 \pm 1^\circ\text{C}$ であるのに対し、Kiku-iri¹⁾の実験は室温下 ($17 \sim 20^\circ\text{C}$) でなされたものである。われわれの経験によれば、浴液の温度は一般に室温より $2 \sim 3^\circ\text{C}$ 低い。このことを考慮すると、われわれの場合の浴液温度は、Kiku-iri¹⁾のそれより数度

高いと思われる。従って、本実験における whole sartorius muscle の残生時間と Kiku-iri¹⁾のそれとの差は恐らく浴液の温度の差によると思われる。

また、われわれの成績においても、残生 12 時間後において caffeine 拘縮が control とほぼ同様に起こるにもかかわらず、twitch ならびに K 拘縮が抑制された事実は、正常 Ringer 液下に残生させた筋において E-C coupling の dissociation が徐々に進行することを示唆する。しかし、残生 16 時間後に twitch および K 拘縮ばかりでなく caffeine 拘縮も著明に抑制されたのは、恐らく fiber の損傷が 12 時間以後から始まり、次第に進行して intact fiber の数が減少したことによると考えられる。さらに、fiber の損傷が認められるようになる 12 時間以上経過した残生液には、かなりの量の細菌の存在が認められた。この細菌の繁殖が fiber の損傷をもたらす一つの要因となる

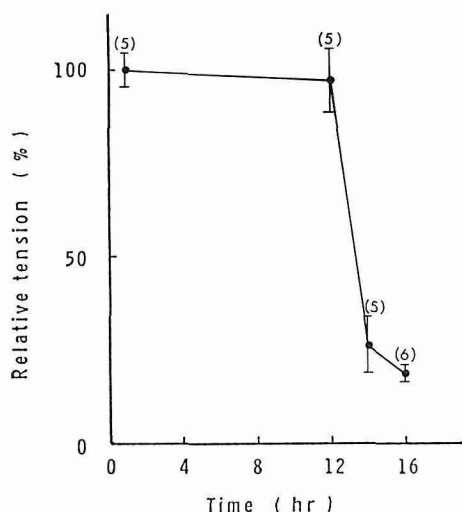


Fig. 5 Time course of decrease of caffeine contracture tension in whole sartorius muscle immersed in normal Ringer solution.

Vertical bar of each point is mean \pm S.E.. The number of experiments performed is given in parentheses.

と考えられる。

そこで、正常 Ringer 液に抗生剤として penicillin (50 U/ml) および streptomycin (10 μ g/ml) を添加した条件

下に残生させた whole sartorius muscle の mechanical response の経時変化について検討した。

3.2 抗生剤添加 Ringer 液下の残生筋の mechanical response および electrical response について

Penicillin (50 U/ml) および streptomycin (10 μ g/ml) を含む Ringer 液下に残生させた whole sartorius muscle の twitch tension の経時変化を Fig. 6 に示した。Twitch tension は、残生 8 時間後および 12 時間後に control のそれぞれの平均 $58.1 \pm 3.3\%$ ($n=5$) および $42.8 \pm 6.2\%$ ($n=5$) に抑制された。残生 12 時間後までのこの抑制の経過は、前述の正常 Ringer 液下のそれとほぼ同様であった。しかし、残生 16 時間後でも twitch tension は、control のその平均 $22.9 \pm 4.5\%$ ($n=5$) であり、残生 24 時間後では平均 $5.8 \pm 2.8\%$ ($n=5$) に抑制され、さらに残生 40 時間後まで平均 10% 以下の tension 発生が検討された全ての標本 (5 例ずつ) において認められた。その後、残生 44 時間後には 5 例中 3 例、48 時間後には 5 例中 4 例において twitch は全く認められなかった。

Twitch が著明に抑制されている残生 24 時間後および twitch がほぼ完全に抑制されている残生 48 時間後の標本の resting potential および action potential を検討した。Fig. 7 および Table 1 に示すように、残生 24 時間後の標本の resting potential ならびに action potential は、control のそれらとほとんど変化ないことが認められ

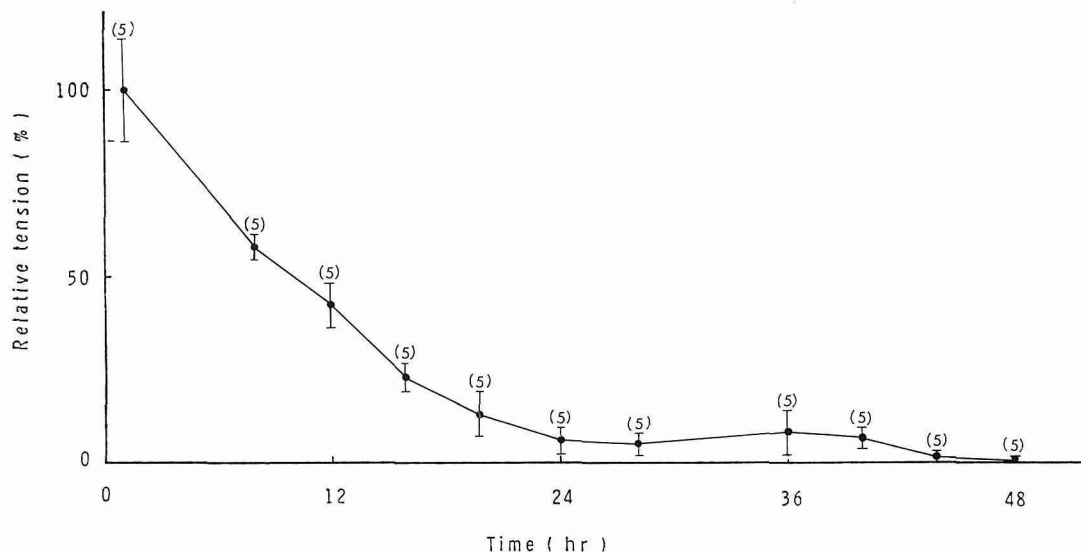


Fig. 6 Time course of decrease of twitch tension in whole sartorius muscle immersed in Ringer solution with antibiotics (penicillin 50 U/ml and streptomycin 10 μ g/ml).

Vertical bar of each point is mean \pm S.E.. The number of experiments performed is given in parentheses.

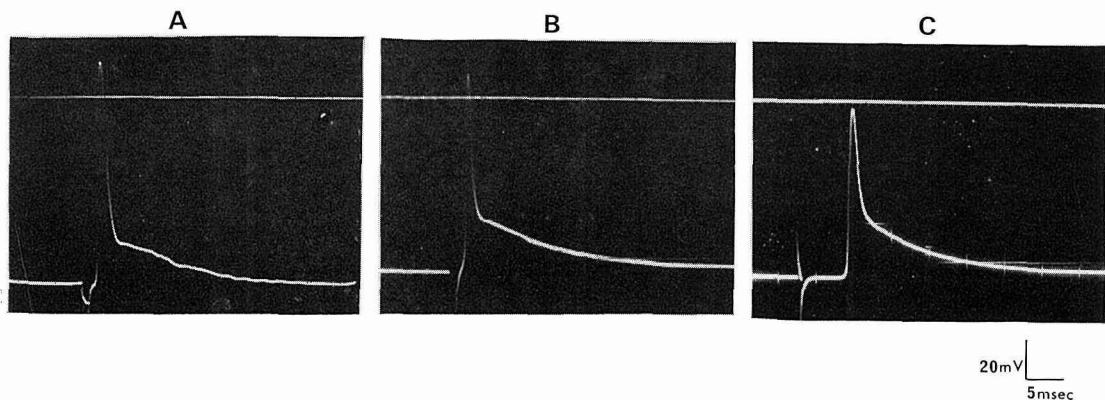


Fig. 7 Action potentials recorded 24 hours (B) and 48 hours (C) after immersion in Ringer solution with antibiotics (penicillin 50 U/ml and streptomycin 10 μ g/ml).

A: control action potential which was recorded 1 hour after immersion in Ringer solution with antibiotics.

Table 1 Magnitude of resting potential and spike height in sartorius muscle immersed in Ringer solution with antibiotics (penicillin 50 U/ml and streptomycin 10 μ g/ml)

	control	after 24 hours	after 48 hours
Magnitude of resting potential (mV)	89.4 ± 1.5 (7)	89.2 ± 1.9 (10)	88.5 ± 1.6 (12)
Spike height (mV)	108.3 ± 2.6 (7)	97.6 ± 3.2 (10)	75.8 ± 1.8 (12)

Results are given as mean \pm S.E..

The number of observation is in parentheses.

た。残生 48 時間後の標本の resting potential にも大きな変化は認められなかったが, action potential の overshoot が認められなかった。なお, 残生 48 時間後の標本においては軽度の白濁が認められ, granular 状を呈する fiber も表層部に僅かに認められた。

抗生剤添加 Ringer 液下の残生筋の K 拘縮の経時的変化を Fig. 8 に示した。K 拘縮の tension 発生速度ならびに自発性弛緩速度は, 前述の正常 Ringer 液下の残生筋におけるそれらと同様に残生時間の経過とともに次第に抑制される傾向が認められた。また, K 拘縮の peak tension は Fig. 9 に示すように, 残生 20 時間後まではやや増強されるか, ほとんど変化しないが, その後, 残生時間の経過とともに次第に抑制された。すなわち, K 拘縮の peak tension は, 残生 24 時間後には control のその平均 $94.7 \pm 3.0\%$ ($n=5$), 28 時間後および 36 時間後には, それぞれ平均 $86.9 \pm 2.5\%$ ($n=5$), 平均 $86.8 \pm 2.3\%$ ($n=5$) を示した。その後, 抑制の程度は著明になり, K 拘縮の

peak tension は残生 40 時間後および 44 時間後には, control のそれぞれのそれぞれ平均 $66.3 \pm 1.9\%$ ($n=5$), 平均 $49.9 \pm 2.2\%$ ($n=5$) にまで抑制され, 残生 48 時間後には平均 $21.1 \pm 5.6\%$ ($n=5$) にまで抑制された。

抗生剤添加 Ringer 液下の残生筋の caffeine 拘縮の peak tension は, 残生 24 時間後でも control のその平均 $102.1 \pm 6.4\%$ ($n=4$) であったが, 残生 48 時間後には平均 $23.8 \pm 6.5\%$ ($n=10$) に抑制された (Fig. 10)。

以上のように抗生剤添加 Ringer 液下に残生させた whole sartorius muscle の mechanical response の抑制は, 正常 Ringer 液下に残生させたそれらに比して明らかに遅延することが認められた。このことは正常 Ringer 液下の残生筋において, 残生 12 時間以後に認められた mechanical response の抑制は, 細菌の繁殖による fibre の損傷が一因であるかもしれないという前述のわれわれの考えを支持すると思われる。

抗生剤添加 Ringer 液下の残生筋において, twitch が

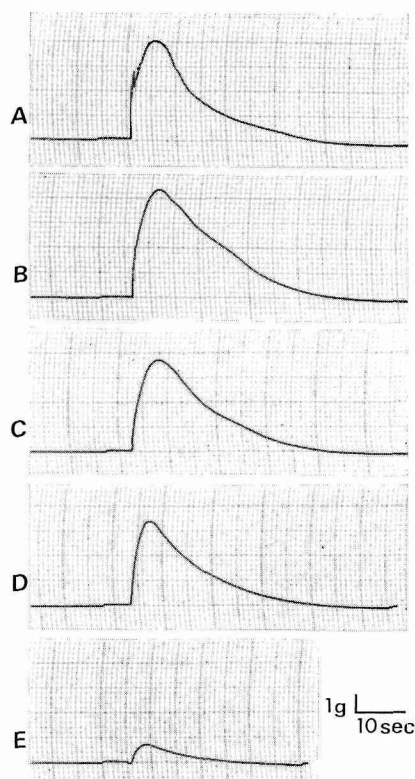


Fig. 8 Changes of potassium contracture in whole sartorius muscle immersed in Ringer solution [with antibiotics (penicillin 50 U/ml and streptomycin 10 μ g/ml). Potassium contractures were induced by 190 mM K^+ .

A: control contracture which was recorded 1 hour after immersion in Ringer solution with antibiotics. B-E: contractures recorded 12 hours (B), 24 hours (C), 36 hours (D) and 48 hours (E) after immersion in Ringer solution with antibiotics.

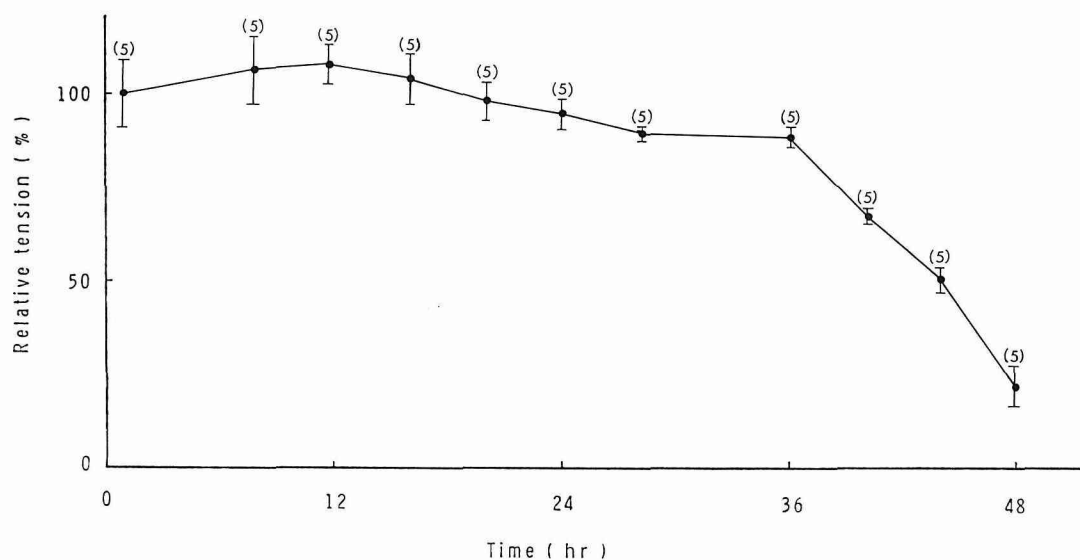


Fig. 9 Time course of decrease of potassium contracture tension in whole sartorius muscle immersed in Ringer solution with antibiotics (penicillin 50 U/ml and streptomycin 10 μ g/ml).

Vertical bar of each point is mean \pm S.E.. The number of experiments performed is given in parentheses.

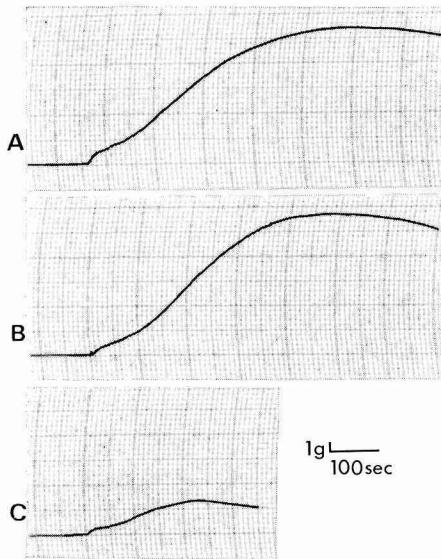


Fig. 10 Changes of caffeine contracture in sartorius muscle at various time after immersion in Ringer solution with antibiotics (penicillin 50 U/ml and streptomycin 10 μ g/ml). Caffeine contractures were induced by 7 mM caffeine.

A: control contracture which was recorded 1 hour after immersion in Ringer solution with antibiotics. B and C: contractures recorded 24 hours (B) and 48 hours (C) after immersion in Ringer solution with antibiotics.

control のその 10% 以下に抑制された残生 24 時間後でも, caffeine 拘縮は control のそれとほぼ同様に起こり, resting potential ならびに action potential も control のそれらとはほとんど変化なかった事実は, Kiku-iri¹⁾ の成績とはほぼ一致する。前述のように Kiku-iri¹⁾ の実験は, われわれの実験より数度低い液温下に行なわれたことを考慮すると, この成績の一致は Kiku-iri¹⁾ の場合低温により細菌の繁殖が比較的少なかったことによると考えられる。

残生筋における K 拘縮の peak tension の抑制の time course は, 比較的抑制の程度が軽度にかかる相と, これに続く抑制が比較的速やかに進行する相との 2 相が認められた (Fig. 9)。この点は Kosaka *et al.*²⁾ が報告している外液 Ca 除去下の single twitch fiber の K 拘縮の抑制のそれに良く似ている。しかし, whole sartorius muscle における K 拘縮の peak tension の抑制は, 収縮に寄与する fiber の数の減少によっても十分に説明し得る。この点を考慮すると, whole sartorius muscle における成績と single fiber の成績を単純に比較することはできない

と思われる。従って, Ringer 液下に残生させた whole sartorius muscle において認められた E-C coupling の dissociation が Kosaka *et al.*²⁾ の Ca 除去下の mechanical inactivation の進行による E-C coupling の dissociation と同じカテゴリーに属するかどうかについては single twitch fiber についての検討によらなければならない。

3.3 Modified Medium 199 下の残生筋の mechanical response について

つぎに, カエルの器官培養液として知られている modified Medium 199³⁾ 下に残生させた whole sartorius muscle の mechanical response の経時変化について検討した。

Modified Medium 199 下に残生させた標本の twitch, K 拘縮ならびに caffeine 拘縮の peak tension は, 残生 48 時間後に control のそれらのそれぞれ 53.5%, 71.9% および 62.4% であった。残生 6 日後には twitch は, すでに消失していたが, K 拘縮ならびに caffeine 拘縮は, control のそれらのそれぞれ 33.1% および 40.5% の tension 発生が認められ, 18 日後には K 拘縮および caffeine 拘縮は, control のそれらのそれぞれ 28.1% および 28.2% に抑制されていた (Figs. 11 and 12)。

以上のように whole sartorius muscle は modified Medium 199 下において, 前述の正常 Ringer 液および抗生剤添加 Ringer 液に比較して明らかに長時間にわたり残生することが示された。また, twitch が消失した時点でも caffeine 拘縮は, なおかなりの tension を発生したことは, modified Medium 199 下においても発現は遅れるが結局 E-C coupling の dissociation が起こることを示唆すると思われる。

Medium 199 は, 必須アミノ酸の他, 多くの栄養素を含み, 体液にかなり近い合成培養液であることが一般に認められている。この点を考慮すると, modified Medium 199 下に残生させた標本の代謝は, Ringer 液下のそれに比較してかなり良好な状態に保たれているものと考えられる。従って, Ringer 液下に残生させた whole sartorius muscle において起こる C-E coupling の dissociation は, 残生筋の metabolic change によってもたらされる可能性が示唆される。またこのことは, Ringer 液下の残生筋における E-C coupling の dissociation の発現が浴液の温度に依存するという事実に基づいて, 残生筋における E-C coupling の dissociation は, 残生筋における metabolic change によるであろうという Kiku-iri¹⁾ の見解を支持すると思われる。

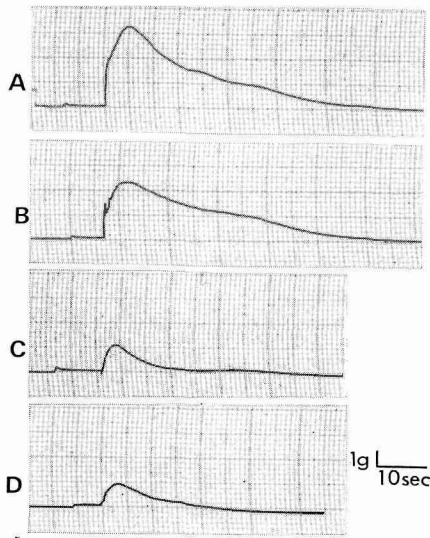


Fig. 11 Changes of potassium contracture in whole sartorius muscle at various time after immersion in modified Medium 199. Potassium contractures were induced by 190 mM K^+ .

A: control contracture which was recorded 1 hour after immersion in modified Medium 199. B-D: contractures recorded 2 days (B), 6 days (C) and 18 days (D) after immersion in modified Medium 199.

4 要 約

カエルの whole sartorius muscle を一定温度 ($20 \pm 1^\circ C$) 下で正常 Ringer 液, 抗生剤添加 Ringer 液および modified Medium 199 下にそれぞれ残生させ, それらの mechanical ならびに electrical response を経時的に検討し, 以下の成績を得た。

4・1 正常 Ringer 液下の残生筋における twitch および K 拘縮の peak tension は, 残生 12 時間後に control のそれらのそれぞれ約 55% ならびに約 67% に抑制され, 残生 16 時間後には両者の peak tension は, いずれも control の 10% 以下に抑制された。一方 caffeine 拘縮の peak tension は, 残生 12 時間後では control の peak tension と比較してほとんど変化が認められなかった。しかし, その後急速に抑制され, 残生 16 時間後には control の約 20% の tension のみより発生しなかった。この時, 標本は白濁し, granular 状を呈する fiber が認められ, また, 残生液中に細菌の増殖を認めた。

4・2 抗生剤添加 Ringer 液下の残生筋において, twitch は残生 24 時間後まで経時的に抑制され control のそれの約 10% 以下にまで抑制された。一方 K 拘縮の peak ten-

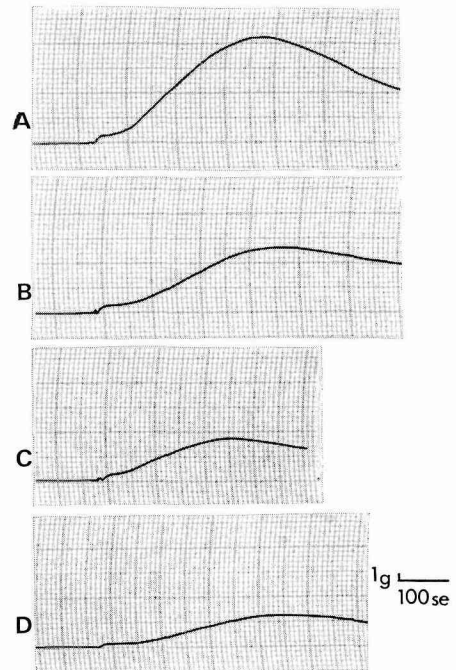


Fig. 12 Changes of caffeine contracture in whole sartorius muscle at various time after immersion in modified Medium 199. Caffeine contractures were induced by 7 mM caffeine.

A: contracture which was recorded 1 hour after immersion in modified Medium 199. B-D: contractures recorded 2 days (B), 6 days (C) and 18 days (D) after immersion in modified Medium 199.

sion の抑制の time course は, 残生 36 時間後までの比較的抑制の程度が軽度な相と, これに引き続く抑制が比較的速やかに進行する相との 2 相が認められた。また caffeine 拘縮の peak tension は, 残生 24 時間後までは control のそれとほとんど変化が認められなかったが, 残生 48 時間後には control のそれの約 23% にまで抑制された。

4・3 抗生剤添加 Ringer 液下に 24 時間残生させた筋における resting および action potential は, control のそれらとほぼ同様であった。残生 48 時間後では resting potential には変化がなかったが, action potential の overshoot は認められなかった。

4・4 Modified Medium 199 下の残生筋において 6 日後に twitch は消失したが, 残生 18 日後においても K 拘縮および caffeine 拘縮は認められた。

以上の成績にもとづいて残生筋における mechanical response の抑制の機序に関して考察した。

文 献

1. Kiku-iri, T.: Dissociation of electrical and mechanical activity in the frog's sciatic-sartorius muscle preparation caused by prolonged immersion in Ringer solution. *Jap. J. Physiol.* **12**, 654-663 (1962).
2. Koaska, I., Oota, I., Suzuki, T. and Nagai, T.: Time- and Na-dependent effects of Ca depletion on potassium contracture in frog twitch muscle fiber. *Jap. J. Physiol.* **27**, 511-524 (1977).
3. Harris, A. J. and Miledi, R.: Prolongated survival of isolated frog muscle and its sensitivity to acetylcholine. *Nature (Lond.)* **209**, 716-717 (1966).
4. Harris, A. J. and Miledi, R.: A study of frog muscle maintained in organ culture. *J. Physiol.* **221**, 207-226 (1972).
5. Miledi, R.: The acetylcholine sensitivity of frog muscle fibres after complete or partial denervation. *J. Physiol.* **151**, 1-23 (1960).