

## 36.

612.741

## 夏期蛙筋ノ特異性ニ就テ

岡山醫科大學生理學教室（主任生沼教授）

小坂壽

[昭和9年5月18日受稿]

*Aus dem Physiologischen Institut der Okayama Med. Fakultät  
(Direktor: Prof. Dr. S. Oinuma).*

## Über das eigentliche Verhalten der Muskeln von Sommerfröschen.

Von

Hisashi Kosaka.

Eingegangen am 18. Mai 1934.

Der Verfasser untersuchte vom physiologischen Standpunkte aus die Ursache des eigentümlichen Verhaltens, d. h. der Labilität der Muskeln von Sommerfröschen. Die Resultate sind folgende.

Die Reizschwelle für galvanische und Induktionsströme, die isometrische und isotonische Zuckungshöhe, die verwirklichte Maximumarbeit, die absolute Refraktärperiode und die Chronaxie des ausgeschnittenen *M. sartorius* von Sommerfröschen verändern fortlaufend ihren anfänglichen Wert nach der Exzision aus dem Tierkörper, wenn die Temperatur der Umgebung über 25°C beträgt, und je höher die Temperatur steigt, desto rascher ist die Veränderungsgeschwindigkeit.

Weun dagegen die Temperatur unter 20°C bleibt, so besitzen alle Obengenannten relativ stabile konstante Zustände.

Nach den angegebenen Ergebnissen ist das eigentliche Verhalten der isolierten Muskeln von Sommerfröschen nicht den Muskeln im Tierkörper selbst zuzuschreiben, sondern ist auf die Einwirkung von hohen Temperaturen nach der Exzision zurückzuführen.

Wenn man daher während der Experimente die Temperatur der Umgebung unter 20°C halten kann, so kann man die Muskeln von Sommerfröschen ohne Störungen ebenso als Versuchsmaterial benützen wie die Muskeln von Winterfröschen. (Kurze Inhaltsangabe.)

## 内容目次

- 第1章 緒言
- 第2章 参考文献
- 第3章 實驗的研究
  - (A) 實驗方法及ビ装置
  - (B) 實驗成績
    - 第1項 刺激閾値
    - 第2項 收縮高
    - 第3項 絶對不應期
    - 第4項 「クロナキシメトリー」
- 第4章 總括考按
- 第5章 結論

## 第1章 緒言

從來一般ニ蛙蓋等ノ筋神經ニ關スル實驗ハ、夏期中ハ成可リ之ヲ避ケテ、主ニ冬眠中又ハ夫レニ近イ状態ニアルモノニ就テ行ハレルヲ通則トシタ。其ノ理由トスル所ハ、夏期ニハ之等標品ハ不安定デ、從テ其ノ實驗成績ハ變動常ナク信賴スル事ガ出來難イト云フニアルガ、其ノ考ヘノ依ツテ來タ所ハ、他ノ目的デナサレタ諸種ノ實驗結果カラ歸納サレタモノデ、甚ダ漠然トシテナリ、直接ノ原因ニ就テ行ハレタ系統的實驗ノ基礎ノ上ニ立ツモノデナイ。

余ノ實驗ハ、昨年夏期中蛙筋ニ及ボス「モノヨード」醋酸ノ作用ヲ研究中、其ノ對照デアル正常筋ガ大變不安定ナ爲ニ、奈何ニカ工夫シタナラバ夏期中デモ實驗ガ出來ハシナイカト考ヘタ事カラ出發シ、上述ノ點ニ關シテ稍々組織ノ觀察ヲ行ツタモノデアル。

其ノ原因トシテ第1ニ考ヘラレル事ハ、之等標品ノ不安定性ハ動物夫レ自身ノ生體內ニ

アルトキ既ニコノ様ナコトガアルカ、又ハ生體カラ別出後ノ外界ノ條件ニ支配サレル事ニ依ルカ、更ニ進ンデ第2ニ斯ル状態ヲ招來スル要因ハ何カ、ト云フ3點ニ歸着スル。

一方冷血動物ノ生活機能ヲ支配スルモノハ外界ノ溫度デアツテ、高溫トナレバ活潑ナ運動ヲ呈シ、低溫ニナレバ所謂冬眠ノ状態ニナル事ハ、夏期ノ蛙モ之ヲ數日間氷室中ニ保テバ冬眠中ノ蛙ト何等異ル所ナク、又冬眠中ノ蛙モ温室中ニ保テバ數時間デ外觀上夏期蛙ト全く同一ナ状態トナツテ活潑ナ運動ヲ現スニ至ル事カラ容易ニ理解サレル所デアル。其ノ故ニ、外界ノ溫度ノ變化ガ餘リ急激デナク、且其ノ範圍ガ一定限界内ニアレバ、之等動物ハ生理的状态ヲ犯サレル事ナシニ之ニ適應シテ行ク能力ヲ持つテアルト考ヘテモ強チ不當デハナイト思フ。即チ之等動物ハ冬眠中、夏期中ノ何レノ状態モ等シク生理的状态デアツテ、特ニ夏期中ノ蛙筋神經ガ既ニ生體內デ實驗ニ用キラレナイ程不安定ナ状態ニアルトハ考ヘラレナイ。

夫レ故ニ、私ハ夏期蛙筋ノ不安定ナノハ生體ヨリ別出後ノ外的條件、就中溫度ノ影響ガ主要ナ原因デアラウト考ヘ次ニ述ベル様ナ實驗ヲ行ツタ。

## 第2章 参考文献

筋ノ呈スル諸種ノ機能、興奮性ト溫度トノ關係ニ就テハ多クノ實驗ガアルガ、何レモ一時的ノ溫度ノ變化ガ之等ニ及ボス影響ヲ檢シタモノデ、長時間而モ持續的ニ一定溫度ニ置イタ場合之ガ時間的ニ奈何ニ影響ヲ蒙ツテ變化スルカラ檢ベタ文献ハ見當ラス。

興奮性ト温度トノ關係ニ於テハ、Lucas and Mines<sup>1)</sup> 及び Gotch<sup>2)</sup> 等ハ低温度トナル程興奮性ハ昂ル事ヲ發表シテアル。又筋收縮<sup>3) 4) 28)</sup>、興奮傳播ノ速度ハ温度ノ上昇ト共ニ増大シ、刺戟潜伏期<sup>5) 6) 7)</sup>、興奮不應期<sup>8)</sup> ハ昇温ト共ニ益々短縮スル。

所ガ收縮高ト温度トノ關係ニ就テハ、1) 收縮高ハ低温度程増ス(Eckstein<sup>9)</sup>, Fröhlich<sup>9)</sup>, Doi<sup>10)</sup>)、2) 收縮高ハ高温度程増ス(Clopatt<sup>4)</sup>, Kohn<sup>11)</sup>)、3) 最大又ハ最小收縮ヲ起ス好適温度ガアル(Gad, Heymans<sup>12)</sup>, Clopatt) ノ3ツノ説ガアルガ何レモ事實ノ半面ノミヲ傳ヘタモノデ Kaiser, Carvallo et Weiss<sup>13)</sup> ノ指摘シテアル通り實驗條件ノ相異ニ歸セラレル可キダト思フ。

又温度ト筋疲労トノ關係ハ、Ackermann<sup>14)</sup> ニ依レバ彼等ノ云フ生理的狀態ニアル筋ハ低温度程疲労ニ陥リ易イト云フガ、コレハ筋收縮ノ回復時間ガ低温度遲イ事ト刺戟頻數トノ關係ニヨル。

又筋疲労ノ原因トシテ屢々考ヘラルル乳酸ノ蓄積ト云フ點カラ Meyerhof<sup>15)</sup> ノ行ツタ實驗ヲ見ルト、筋ガ疲労ニ陥ツタ際夫ガ高温ニ於テノ方ガ低温ニアツタモノヨリ乳酸ノ Ermüdungsmaximum ガ大デアル。其ノ外温度ト筋疲労ノ關係ヲ檢ラベタモノニ Schenck<sup>16)</sup> ノ如ク低温度筋ハ疲労ニ陥リ難イトナスモノト、Rollet<sup>17)</sup> ノ如ク高温度程疲労ニ陥リ難イトナスニ説ガ對立シテアル。又筋ノ生存期間ハ Carvallo et Weiss<sup>13)</sup> ニ依レバ 20—25°C ガ最長デアルト云フ。

「クロナキシー」ガ温度ノ變化ニ依ツテ如何ニ變ズカニ就テハ、當教室増田<sup>18)</sup> 氏ノ實驗ニ徴スレバ、一時的ノ温度ノ上昇ニヨツテ「クロナキシー」ハ短縮シ夫レノ温度係數ハ 1.6 ヲ示シテアル。

以上ノ文献ハ間接ニ後ニ述ベル實驗成績ヲ批判スルノニ役立タモノデアルカラ便宜上此處ニ掲ゲタ。

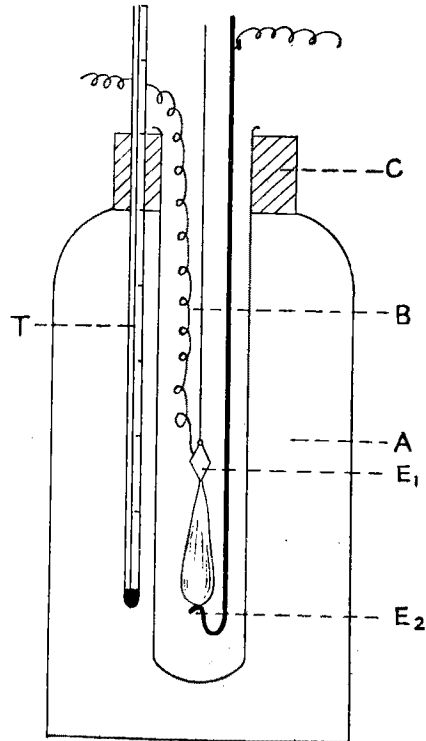
### 第3章 實驗的研究

#### [A] 實驗方法及ビ裝置

實驗ニ使用シタ筋標本ハ總テ 7, 8, 9 ノ 3 箇月間ニ互ル夏期蛙ノ縫匠筋ヲ以テシタ。縫匠筋ヲ選ンダノ筋ノ厚サガ薄ク、各筋纖維ヘノ酸素ノ供給ガ比較的速カニ且平等ニ行ハレ、又外圍ノ條件ノ變化ニモ同様デアル事ノ外ニ、纖維ノ走向ガ並行シ、平均断面ガ各部同一デアツテ、外部ニ表レル諸現象ガ比較的忠實ニ筋機能ヲ代表シ、種々ノ物理的條件ノ複雑化カラ免レシメル等ノ利點アル爲デアル。

筋ニ作用スル温度ヲ任意ニ變へ、又外界ノ室温ニ無關係ニ之ヲ其ノ温度ニ長時間保持スル爲ニ次ノ様ナ工夫ヲシタ(第1圖参照)。

第 1 圖



即チ可成リ大キナ Dewar's flask〔A〕ヲ任意ノ溫度ノ水デ滿タシ、之ニ「リングル」液ヲ容レタ硝子筒〔B〕ヲ〔A〕ノ「コルク」栓〔C〕ヲ貫イテ挿入シ、〔B〕内ニハ縫匠筋標本ヲ圖ノ如ク裝置スル。又別ニ〔A〕内ニハ〔C〕ヲ貫イテ寒暖計〔T〕ヲ挿入シ、溫度ノ高サガ所定ノ溫度カラ攝氏 2° 以上變化シタ場合ニハ外カラ適宜水又ハヨリ高温ノ湯ヲ加減スル事ニヨツテ所定ノ溫度ニ保ツ様ニ調節シタ。此様ニシテ 1 實驗ヲ通ジテ〔B〕内ノ「リングル」ハ殆ド恒温ヲ持續スル事が出来タ。

刺戟電導子ハ  $E_1$ ,  $E_2$  デアツテ、 $E_1$  ハ筋ノ一端ヲ固定スルト同時ニ一方ノ電極トナリ、 $E_2$  ハ筋「クレンメ」デアツテ不展性ノ糸ヲ以テ描記槓杆ニ連絡スルト同時ニコレニ連ナル「エナメル」線ヲ介シテ他方ノ電極トナツテラル。

次ニ筋ニ刺戟ヲ加ヘル場合ニハ、常ニ B 内ノ「リングル」液カラ筋全體ヲ空氣中ニ露出シテ刺戟ヲ加ヘ、各刺戟ノ間隔ハ持續的ニ「リングル」液中ニ浸シタ。一定ノ時間の間隔ヲオイテ其ノ時々ノ筋ノ諸種ノ機能變化ヲ決定スルニ當ツテハ、毎常同一刺戟ヲ 1 分間ノ間隔デ數回繰返シ常ニ夫レガ同一カ否カラ檢ラベ、偶發的ノ誤リカラ免レル様ニ注意シタ。

細部ノ裝置及ビ實驗方法ハ以下各項ノ場合ニ詳述スル。

### 第 1 項 刺戟閾値

刺戟ハ感應解放電流ニ依ル單一刺戟トシ、筋ガ最小收縮ヲ起シタ場合ノ縮距離ヲ以テ刺戟閾値トシタ。刺戟強度ヲ強イ方カラ段々弱メタトキト、其ノ反對ニ弱イ方カラ段々強メ

タ場合ノ最小刺戟閾値ノ間ニハ往々可成リノ差ガアルカラ、其ノ決定ニ當ツテハ、常ニ弱刺戟カラ段々強メタトキ、初メテ收縮ヲ起シタトキノ刺戟強度ヲ以テ刺戟閾値トシタ。斯ル實驗ヲ夫々高温及ビ低温ノ 2 ッ條件ニ大別シテ行ヒ、其ノ時刺戟閾値ガ各溫度デ奈何ニ經過ヲ經ツテ變化シテ行クカラ觀察シタ。

筋ノ最小收縮ハ高温「リングル」液中ニオイタ收縮速度ノ早イ場合ハ肉眼デ觀察スル方が容易デアルガ、低温「リングル」液中ニオイタ收縮速度ノ緩慢ナトキハ肉眼デ觀察シニクイ憾ガアル事ノ爲ニ、何レノ場合モ必ず描記槓杆ニ連ネテ收縮ヲ「キモグラフィオン」ノ煙煙紙上ニ描カシメル様ニシテ觀察シタ。其ノ爲ニ幾分刺戟閾値ガ高イ嫌ハアルカモシレヌ。

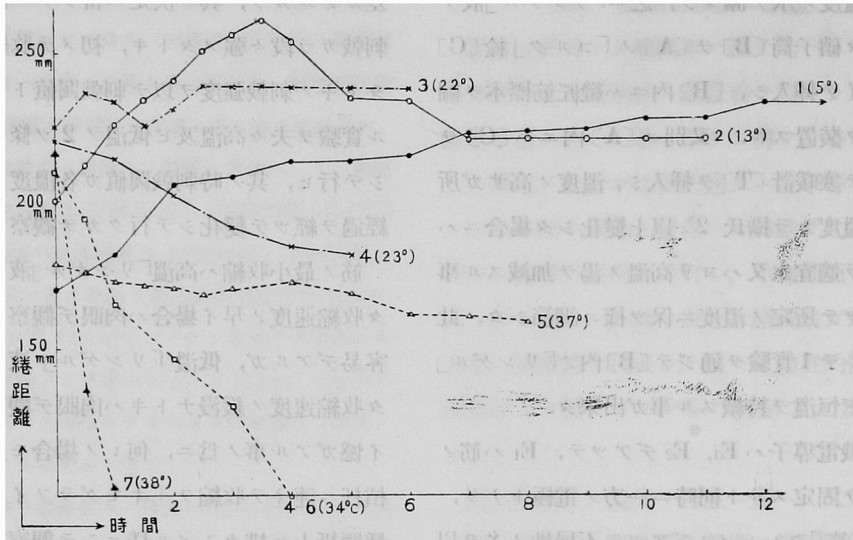
其ノ結果ヲ圖示スルト、第 2 圖ノ成績トナル。

下圖ハ低温 (5°—25°C) 8 例、高温 (26°—40°C) 11 例ノ成績カラ各々ノ典型的變化ヲトルモノ及ビ不規則ノ經過ヲトルモノヲ代表シテ掲ゲタ。

下圖カラ分ル通り、刺戟閾値ハ低温「リングル」液中ニオイタモノハ殆ド變化シナイカ (6 例)、又一時的ノ下降ヲ示スモノ (2 例) ハアルガ。上昇ヲ示シタモノハ 1 例モナイ。曲線 1 ノ如キハ 0°C ノ氷室中ニ 12 時間保ツテ翌日取出シ、前日ト同一溫度トシテ 1 時間ゴトニ檢ラベタ所、依然トシテ其ノ刺戟閾値ハ縮距離デ 225 mm, 226 mm, 230 mm ヲ示シ、殆ド變化シテキナイヲ確メ得タ。

夫レニ反シ、高温「リングル」液中ニオイタモノハ各筋ニ依ツテ遲速ハアルガ、刺戟閾値

第 2 圖 刺戟閾値



## 備考

縦軸ハ第2「コイル」ノ捲距離ヲ、横軸ハ生體ヨリ剔出後ノ經過時間(單位:時)ヲ表ス。

ハ上昇ヲシ一般ニ其ノ速度ハ高温度程速カデア。ソシテ最後ニハ温度強直ニ陥ツテ死ヌル。

刺戟閾値ノ變化シ初メル温度ノ限界ハ、各筋ニ依ツテ差ハアルガ、大體 20°—25°C ノ間ニアルト云ツテヨイ。シカシ中ニハ第5曲線ノ如ク、高温ノ作用ヲ受ケテモ其ノ變化ガ遅ク、却テ 23°C (曲線4) ノ方ガ變化速度ガ早イ様ナモノガ1例アツタ。上述ノ温度ノ限界ハ各例及ビ筋ノ營養狀態等ニ依ツテ或ハ不變ノモノモアリ、或ハ刺戟閾値ノ上昇ヲ示スモノモアツテ確然トシタ事ハ決定シ難イ。

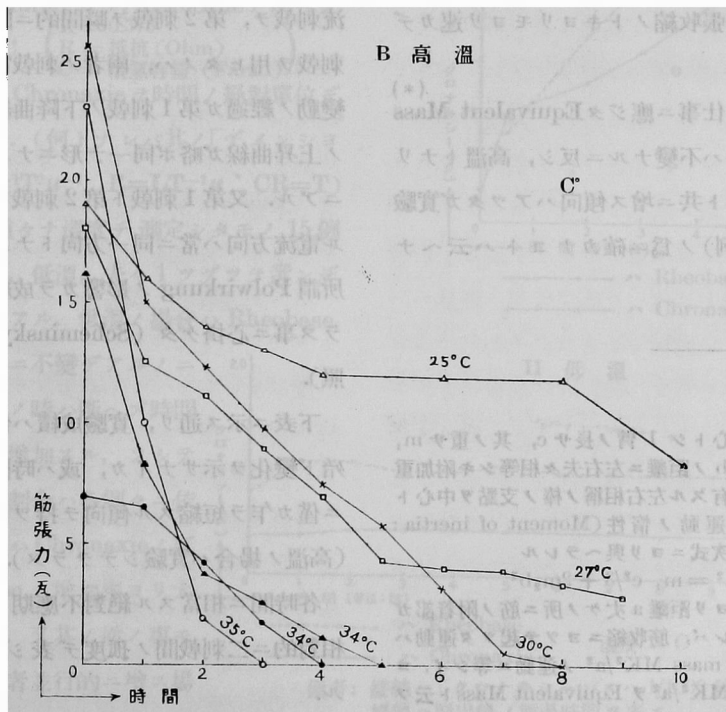
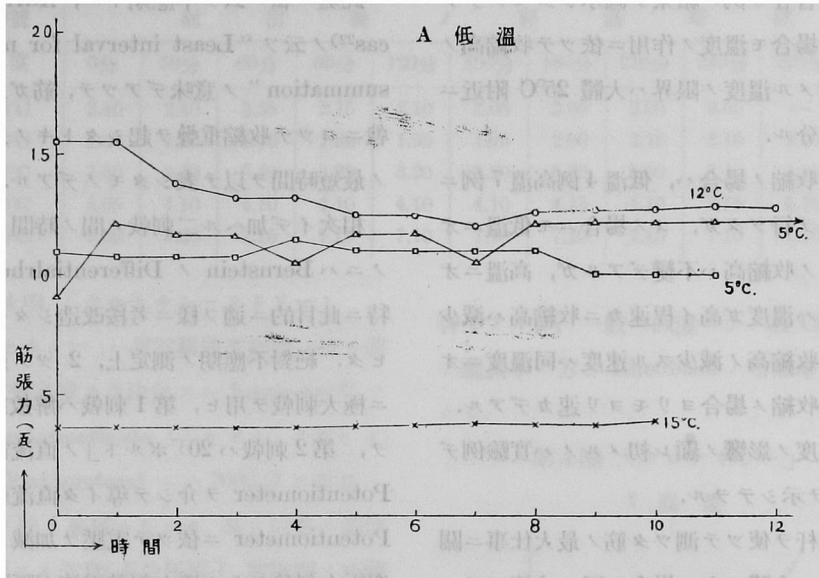
## 第2項 收縮高

前項ノ實驗ト異ル點丈ケニ就テ云フト、刺戟強度ハ筋ノ最大收縮ヲ起スニ足ル單一解放

感應電流刺戟ノ極小刺戟ヲ用ヒタ。時間的ニ最大刺戟閾値 (Ebenmaximal) ノ變動スル場合モ考慮ニ入レ、各刺戟毎ニ就テ最大刺戟閾値ノ變化ナキヤヲ檢シタル後、其ノ刺戟強度デ1分間毎ニ數回同一操作ヲ行ツテ偶然ノ誤リカラ免レル様ニシタノハ前項ノ場合ト同様デアル。

等張收縮 (isotonische Z.) ノ場合ニハ、收縮高ハ筆杆ノ持ツテナル慣性 (Trägheitsmoment) ト收縮速度、及ビコレニ負荷スル重錘等ノ物理的條件ニ依ツテ左右サレルカラ、成ル可ク條件ヲ單純化スル意味カラ、等張收縮 (isometrische Z.) ノ場合ノ緊張度 (Spannungsgrösse) ノ變化ヲ主ニ觀察シ、併セテ等張收縮及ビ Hill<sup>19)</sup> ノ慣性槓杆ニ依ル收縮高ノ變化ヲモ參考的ニ實驗シタ (第3圖參照)。

第 3 圖 收 縮 高



之ハ等張收縮ノ成績デアツテ〔A〕低溫〔B〕  
高溫ノ場合各5例ノ結果ヲ圖示シタモノデア  
ル。コノ場合モ溫度ノ作用ニ依ツテ收縮高ノ  
減退シ初メル溫度ノ限界ハ大體 25°C 附近ニ  
アル事ガ分ル。

又等張收縮ノ場合ハ、低溫4例高溫7例ニ  
就テ實驗ヲ行ツタガ、コノ場合ニモ低溫ニオ  
イタトキノ收縮高ハ不變デアルガ、高溫ニオ  
イタモノハ溫度が高イ程速カニ收縮高ハ減少  
スル。又收縮高ノ減少スル速度ハ同溫度ニオ  
ケル等張收縮ノ場合ヨリモヨリ速カデア  
ル。而シテ溫度ノ影響ノ顯レ初メルノハ實驗例  
デハ 23°C ヲ示シテナル。

惰性槓杆ヲ使ツテ測ツタ筋ノ最大仕事ニ關  
スルモノモ大體ニ上ノ場合ト同一成績ヲ示  
スガ、低溫ノトキモ僅ニ其ノ收縮高ノ減退ヲ示  
スノガ常デ又高溫ヲ作用サシタ場合ノ收縮高  
ノ減少度ハ等張收縮ノトキヨリモヨリ速カ  
デア  
ル。

(\*)

而シテ其ノ仕事ニ應ジタ Equivalent Mass  
ハ低溫ノトキハ不變ナルニ反シ、高溫トナ  
リ收縮高ノ減少ト共ニ増ス傾向ハアツタガ實  
驗例ノ少數(5例)ノ爲ニ確カナコトハ云ヘ  
ナイ。

(\*)

支點ヲ中心トシ1臂ノ長サ  $c$ 、其ノ重サ  $m_1$   
支點ヨリ  $b$  ノ距離ニ左右夫々相等シキ附加重  
錘  $m_2$  ヲ有スル左右相稱ノ棒ノ支點ヲ中心ト  
シタ回轉運動ノ惰性 (Moment of inertia:  
 $MK^2$ ) ハ次式ニヨリ與ヘラレル

$$MK^2 = m_1 c^2/3 + 2m_2 b^2$$

今支點ヨリ距離  $a$  丈ケノ所ニ筋ノ附着部ガ  
アルトスレバ、筋收縮ニヨツテ起ツタ運動ハ  
balanced mass  $MK^2/a^2$  ノ運動ニ等シイ、コ  
ノ意味チ  $MK^2/a^2$  ヲ Equivalent Mass ト云フ

### 第3項 絶對不應期

此處ニ私ノ云フ不應期トハ、Adrian, Lu-  
cas<sup>22)</sup>ノ云フ“Least interval for muscular  
summation”ノ意味デアツテ、筋ガ二最大刺  
戟ニヨツテ收縮重疊ヲ起シタトキノ二刺戟間  
ノ最短時間ヲ以テ表シタモノデア  
ル。

相次イデ加ヘル二刺戟ノ間ノ時間ヲ變ヘル  
ノニハ Bernstein ノ Differential rheotom ヲ  
特ニ此目的ニ適フ様ニ考按改造シタモノヲ用  
ヒタ。絶對不應期ノ測定上、2ツノ刺戟ハ共  
ニ極大刺戟ヲ用ヒ、第1刺戟ハ解放感應電流  
ヲ、第2刺戟ハ20「ボルト」ノ直流電源カラ  
Potentiometer ヲ介シテ導イタ直流刺戟ヲ、  
Potentiometer ニ依ツテ電壓ヲ加減シテ、丁  
度極大刺戟トナル様ナ刺戟電流ガ瞬間的ニ閉  
開スル事ニ依ツテ刺戟トナル様ニ装置セラレ  
テアルモノヲ用ヒタ。第1刺戟ニ感應解放電  
流刺戟ヲ、第2刺戟ヲ瞬間的ニ閉開スル直流  
刺戟ヲ用ヒタノハ、兩者ノ刺戟電流ノ電氣的  
變動ノ經過ガ第1刺戟ノ下降曲線ト第2刺戟  
ノ上昇曲線ガ略ボ同一ナ形ニナル様ニスル事  
ニアル。又第1刺戟ト第2刺戟ノ筋中ヲ流レ  
ル電流方向ハ常ニ同一方向トナル様ニシテ、  
所謂 Polwirkung ノ影響カラ成績ガ複雑トナ  
ラヌ事ニ心掛ケタ (Scheminsky<sup>23)</sup> ノ實驗參  
照)。

下表ニ示ス通り、實驗成績ハ低溫ノトキハ  
殆ド變化ヲ示サナイカ、或ハ時間ガ經ツト共  
ニ僅カ乍ラ短縮スル傾向ヲ持ツタモノモアル  
(高溫ノ場合ハ實驗シテヲラス)。

各時間ニ相當スル絶對不應期ヲ示ス數字ハ  
相對的ニ二刺戟間ノ孤度デ表シタモノデア  
ル。

第 1 表 絶 對 不 應 期

實驗番號 及ビ 溫 度	別 出 後 ノ 經 過 時 間										
	0分	30分	60分	90分	120分	150分	180分	210分	240分	270分	300分
I 24°C	2.40	2.40	2.35	2.15	2.10	2.05	2.05	2.05	2.05	—	—
II 26°C	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	2.00	2.10	2.10	2.15	2.15
III 21°C	3.30	3.40	3.40	3.20	3.20	3.20	3.30	3.30	3.10	3.30	3.20
IV 18°C	4.05	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.15	4.10	4.10	4.10	4.10
V 5°C	7.20	7.20	7.15	7.15	7.10	7.15	7.10	7.10	7.10	7.15	7.15

第 4 項 「クロナキシーメトリー」

「クロナキシー」ハ蓄電器放電刺戟ニ依ル蓄電器ノ電氣容量カラ決定スル Lapticque<sup>20)</sup>ノ Kondensatormethodeノ「セット」ヲ用ヒタ。Vorschaltwiderstand ニハ 7000 Ωヲ直列ニ、3000 Ωヲ筋ト並列ニ入レタ。其ノ以外ニ刺戟電極ニ關スル注意(不分極導子、電極間ノ距離等)ハ一般ノ規則ニ從ツタ。此時 Rheobaseノ 2 倍強度ノ電流ガ有效刺戟トシテ働クトキノ最小 Microfarad カラ、Lapticqueノ與ヘタ

$$T = KRC \quad \left( \begin{array}{l} K = 0.375 \\ R = \text{抵抗 (Ohm)} \\ C = \text{電氣容量 (Farad)} \end{array} \right)$$

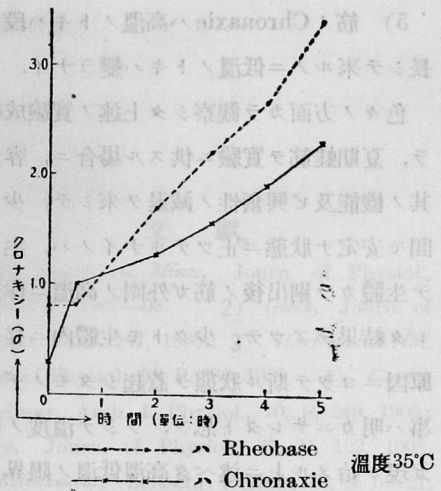
ノ式ニ依ツテ Chronaxieヲ時間ノ絶對單位デ表シ得ラレル。(何トナレバ其ノ「デメンション」ハ  $C = L^{-1}T^2\mu^{-1}$   $R = LT^{-1}\mu$  ∴  $CR = T$ )

第 4 圖ハ種々ナ溫度デ測定シタモノ 15 例ノ中カラ高温、低温、夫々 1 ツツヲ選ンデ掲ゲタモノデアル。低温ノ場合ハ Rheobase、Chronaxie 共ニ不變デアルノニ反シテ、高温ノ時ハ斷ヘズ時間的ニ兩者共ニ増加スル、ソシテ兩者ノ増強ノ割合ハ各例々ニ依ツテ異ツテ或ハ Chronaxieノ延長ガ Rheobaseノ増加率ヨリ大ナル事モアリ、又其ノ逆ノ事モアリ、或ハ兩者並行的ニ増ス場

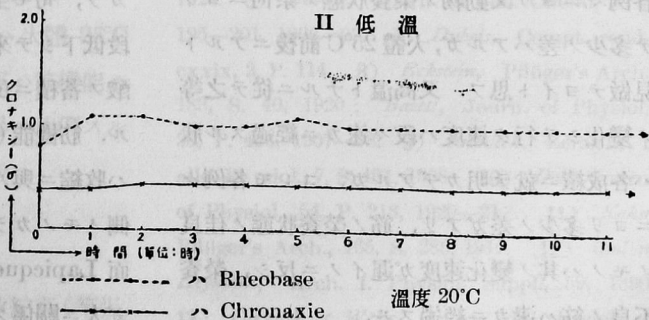
合モアルガ、一般ニ高温ニナル程 Chronaxieノ延長率ノ方ガ Rheobaseノ増加率ヨリ大ナル。

第 4 圖 「クロナキシー」

I 高 温



II 低 温



備考: 縦軸ハ「クロナキシー」(σハ 1/1000 秒)ヲ横軸ハ別出後ノ經過時間ヲ表ス



## 第4章 總括竝ニ考按

今迄ノ實驗成績ヲ總括スルト

1) 刺戟閾値ハ高溫ノ場合ハ段々上昇スルニ反シ、低溫ノトキハ殆ド一定値ヲ持テ續ケル。

2) 等張收縮、等長收縮共ニ高溫ノトキハ段々減退ヲ來スノニ、低溫ノトキハ殆ド一定收縮高ヲ有ス。

3) 筋ノ成シ得ル最大仕事ハ高溫ノトキ段々減少シ、夫レニ從ツテ Equivalent Mass ハ増スノニ、低溫ノトキハ兩者共變化シナイ。

4) 筋ノ絶對不應期ハ低溫ノ場合ハ一定値ヲ持續スル。

5) 筋ノ Chronaxie ハ高溫ノトキハ段々延長シテ來ルノニ低溫ノトキハ變ラナイ。

色々ノ方面カラ觀察シタ上述ノ實驗成績カラ、夏期蛙筋ヲ實驗ニ供スル場合ニ、容易ニ其ノ機能及ビ興奮性ノ減退ヲ來シテ、少シノ間モ安定ナ状態ニ止ツテキナイノハ、主トシテ生體カラ剔出後ノ筋ガ外圍ノ高溫ニ作用サレタ結果デアツテ、少クトモ生體內ニ存スル原因ニヨツテ斯ル状態ヲ惹起シタモノデナイ事ハ明カニサレタト思フ。ソシテ溫度ノ影響ガ現レ始メル上ニ述ベタ高溫低溫ノ限界ハ、各例々ニヨリ又動物ノ榮養状態ノ奈何ニヨツテ多少ノ差ハアルガ、大體 25°C 前後ニアルト見做テヨイト思フ。又高溫トナルニ從テ之等ノ變化シテ行ク速度ハ段々速カニ經過スル狀ハ各成績ニ就テ明カデアアルガ、コレモ各例々ニヨリ多少ノ差ガアリ、筋ノ榮養状態ノ佳良ノモノハ其ノ變化速度ガ遅イノニ反シ、榮養不良ノ筋ハ速カニ經過スル。

一般ニ機能營爲後ノ機能ノ減退ヲ疲勞ト名

附ケラレルナラバ、高溫ニ曝露サレタ剔出筋ハ疲勞ニ陥リ易イ。ソシテ1回ノ筋收縮ニヨツテ失ハレル「エネルギー」ノ量ハ、單一刺戟ノトキハ低溫ノ方が高溫ニ於ケルヨリモ大ナル事實<sup>21)</sup>及ビ刺戟ヲ加ヘルト否トニ無關係ニ段々減衰ニ陥ル點カラ考ヘテ、其ノ原因ハ畢竟スルニ回復現象、即チ筋内ニ發生シタ疲勞物質ノ除去ガ高溫ノ爲ニ犯サレハカ、又筋生活物質ガ高溫ノ作用ニヨツテ自然崩壊ヲ起スニ至ル爲カ、此兩者ガ共ニ起ルカノ何レカト解サレル<sup>29) 30)</sup>

Hopkins 及ビ Fletcher<sup>24)</sup>ハ筋ヲ 30°C 以上ノ高溫中ニ置クト、筋内ニ乳酸ノ發生スル割合ハコレガ筋ノ酸化機能ニヨツテ除去サレル量ヨリモ多量トナリ、筋内部ニ乳酸ノ蓄積ヲ來シテ遂ニ疲勞ヨリ強直ニ陥ツテ死ヌルコトヲ指摘シテナル。

又 Meyerhof<sup>25)</sup>一派ノ稱ヘル乳酸發生ノ Kozymase、及ビ夫レノ酸化酵素 (Atmungskörper) ノ兩者ガ溫度上昇ニヨリ、前者ガ其ノ働ガ活潑トナリ乳酸發生ヲ促スニ反シ、後者ハ不變ナルカ又ハ其ノ機能ヲ犯サレル爲デハナイカトノ想像モ許サレル。

次ニ刺戟閾値ノ高溫中ニオイテ變化スル事カラ、苟モ生存シテナル筋纖維ハ興奮性ガ段々低下シテ來ルコトハ明カデアツテ、之モ乳酸ノ蓄積ニ依ル疲勞現象ニ見ラレル所デアアル。筋機能(收縮高、緊張度)ノ減退ヲ來スノハ收縮ニ與ル筋纖維ノ數ガ高溫ニ曝サレタ外側ノモノカラ順次死滅スルコトノ外ニ、又一面 Lapique ノ云ツテナル如ク興奮性ノ低下ガ大ニ關係スルト思フ。Lapique<sup>26)</sup>ハ疲勞筋ノ Chronaxie ハ延長シ、疲勞回復ト同時ニ

其ノ Chronaxie モ元ニ還ルコトヲ報告シテキルガ、私ノ實驗デハ高温作用ニヨル Chronaxie ノ延長ハ不可逆的デアアル。又筋ノナシ得ル最大仕事ハ高温ニヨリ減少シ、夫レニ從テ Equivalent Mass ハ増大スル事ノ意義ハ、筋内ノ膠質状態ノ變化(例之凝固)ニヨルモノデ、夫レハ直接高温ノ作用ニ歸ス可キカ、又第二次的ニ老廢物ノ蓄積ニヨルカハ輕々ニハ決定出來ヌ。乍併疲勞筋ニ往々認メラレル階梯現象ハ實驗中一度モ認メナカッタ。結局高温中ニアル筋ハ段々收縮状態ニナリ、遂ニ温強直ト同一ノ状態ニナツテ死ヌル。

又常ニ高温「リングル」液中ニ筋ガアル場合ハ2—3時間後ニハ「リングル」液ノ淡ク白濁シテ來ルノテ認メルガ、コレハ Vernon 氏等ノ云ツテタル筋蛋白ノ凝固及ビ細胞膜ノ透過性ノ變化ニヨツテ此蛋白ガ「リングル」液中ニ擴散シタ結果ニ外ナラヌ。

私ハ以上述べテ來タ色々ノ事實ヲ温度ノ影響ト云フ立場カラ考ヘテ見ルト、高温ノ作用點ハ筋纖維ヲ形作ツテタル細胞膜デアルト主張シ度イ。此細胞膜質ノ變化ガ第一義的ノモノトナツテ、或ハ興奮性、或ハ筋機能ノ變化ヲ惹起スト考ヘル事ニヨツテ上述ノ事實ハ少シモ不都合ナク且一元的ニ説明シ得ラレル。

即チ温度ノ影響ノ顯レル限界ハ大體 25°C 前後デアツテ、夫レ以上ノ温度デハ筋機能ノ犯サレル速度ガ何レモ温度ノ上昇ニ比例スルコトハ此考ヘノ有力ナ根據デアアル。

### 第5章 結論

高温ノトキ刺戟閾値ノ上昇、收縮高(等張、等長)及ビ最大仕事ノ減少、Chronaxie ノ延

長等ヲ來スニ反シ、低温ノトキハ之等ガ不變ナル事實カラ考ヘルニ、夏期蛙ノ剔出筋ガ不安定デアアルノハ生體カラ剔出後ニ、筋ガ外圍ノ高温ニ依ツテ細胞膜ニ變化ヲ被リ、筋ノ生活機能が低下シ、第二義的ニ老廢物ノ蓄積ヲ來ス爲デアツテ、決シテ生體內ノ筋自身が有スル特異性ニ依ルモノデハナイ。故ニ夏期蛙筋ヲ用ヒル實驗ニ於テモ剔出後ノ温度ヲ適當ニ保テバ(大約 20°C 以下)長時間安定ノ狀ニ置キ得テ何等ノ不都合ナ點モナク、冬期蛙筋ト全く同様ニ實驗ニ供シ得ルモノデアアル。

稿ヲ終ルニ當リ恩師生沼教授ノ御懇切ナ御指導ヲ深謝ス。

### 文獻

- 1) *Lucas and Mines*, Journ. of Physiol., 36, P. 334, 1907—08.
- 2) *Gotch*, Journ. of Physiol., 20, P. 247, 1896.
- 3) *Hartree and Hill*, Journ. of Physiol., 55, P. 389, 1921.
- 4) *Clopatt*, Skandinav. Arch. f. Physiol., 10, S. 249, 1900;
- Wolley*, Journ. of Physiol., 37, P. 122, 1908.
- 5) *Kleinknecht*, Zeitschr. f. Biol., 81, S. 5—21, 1924.
- 6) *Burret*, Journ. of biol. Chem., 2, P. 195—201, 1906—07.
- 7) *Dubois*, Compt. rend., cxxix, 2, P. 114.
- 8) *Eckstein*, Pflüger's Arch., 183, S. 40, 1920;
- Bazett*, Journ. of Physiol., 36, P. 413, 1907—08.
- 9) *Fröhlich*, Zeitschr. f. allg. Physiol., 7, S. 461, 1908.
- 10) *Doi*, Journ. of Physiol., 54, P. 218, 1920—21.
- 11) *Kahn*, Pflüger's Arch., 165, S. 285, 1916.
- 12) *Gad u. Heymans*, Arch. f. Physiol. Suppl., 59, 1890.
- 13) *Carvalho et Weiss*, Journ. de physiol. et pathol. gen., I, P. 990, 1899; II, P. 225, 1900.

- 14) *Ackermann*, Zeitschr. f. Biol., 78, S. 331, 1923. 15) *Meyerhof*, Pflüger's Arch., 182, S. 232, 1920. 16) *Schenck*, Pflüger's Arch., 79, S. 333, 1900. 17) *Rollet*, Pflüger's Arch., 71, S. 209, 1898. 18) *Masuda*, Okayama-Igakkai-Zasshi, 39, Nr. 11, 1927. 19) *Hill*, Journ. of Physiol., 53, Proc. lxxviii, 1919—20. 20) *Lapicque*, L'excitabilité en fonction du temps. 21) *Weissäcker*, Journ. of Physiol., 48, P. 396, 1914. 22) *Lucas and Adrian*, Journ. of Physiol., 44, P. 112, 1912; 46, P. 388, 1913; 48, P. 453, 1914. 23) *Scheminsky*, Pflüger's Arch., 229, S. 43 u. 50, 1932. 24) *Fletcher and Hopkins*, Proc. of Roy. Soc. London, (B), 89, P. 452, 1917. 25) *Meyerhof*, Chem. Vorgänge im Muskel, S. 128—140, 1930. 26) *Lapicque*, Compt. rend. de la Soc. de Biol., 82, P. 772, 1919. 27) *Halliburton*, Journ. of Physiol., 8, P. 133, 1887; *Brodie and Richardson*, ibid. 21, P. 353, 1897; *Vernon*, ibid, 24, P. 239, 1898; *Vincet and Lewis*, ibid, 26, P. 454, 1901.

