

# 交感神経の作用機序に関する研究

## 第三編

### 心筋及び滑平筋に対する Acetylcholine 及び

### Adrenaline の作用に就いて

岡山大学医学部生理学教室 (主任 林 香苗教授)

中 根 喬

[昭和 27 年 4 月 15 日受稿]

#### I 序 論

第一及び二編で述べた如く、古くから知られている Adrenaline の所謂逆作用の起る条件を確かめる事によつて、交感神経がその支配する臓器の種類によつて滑平筋に対する作用様式を異にする原因を、交感神経の化学伝達学説の立場から、見出だそうとして種々の実験を試みたが、この原因を説明するのに採用出来る程の Adrenaline の逆作用の確実な条件が発見出来なかつた。この問題を解決する為には何かもつと根本的な問題を取り上げなければ困難なのではあるまいかと考えられる。

神経繊維内の興奮伝播に就いて von Murali<sup>1)</sup> が興奮せる神経繊維内に Acetylcholine の合成が行われている事を報告して以来、Nachmausohn 等<sup>2)</sup> の研究により神経繊維内興奮伝播に Acetylcholine の合成及び分解が関係のある事が主張されて来た。又 Acetylcholine は骨格筋の収縮<sup>3)</sup>、交感神経に於ける興奮伝導<sup>4)</sup>、にも関係し、滑平筋も一部のものを除き Acetylcholine によつて収縮する。こう考えて見ると、Acetylcholine は神経の興奮伝導、筋の収縮に重要な役目を果たしているものゝ如く思われる。唯だ心筋及び一部の滑平筋のみは Acetylcholine により却つて収縮が抑制され、Adrenaline が収縮を惹き起す様に見えるが、之等心筋及び一部の滑平筋が骨格筋或は他の滑平筋とその収縮機序に於て本質的な差

があるものとするのは何か不自然な感じがする。

Burn 等は心筋及び滑平筋に対する Acetylcholine の作用を研究して、25~40 時間 Ringer-Locke 氏液を絶えず取り換えて放置し搏動を止めた家兎心房標品で、Acetylcholine が収縮を起す事を実験し<sup>5)</sup>、又心房から得た酵素の Acetylcholine 合成力を検べて、新鮮な心房から得たものは Acetylcholine 合成が強く、之に Acetylcholine を加えると、加えた Acetylcholine の量に比例して合成が強く抑制されるが、搏動を止めた心房から得たものは合成力が弱く、之に漸増的に Acetylcholine を加えると初めは合成を漸次増加さすが、Acetylcholine の濃度が或濃度に達すると以後は合成が次第に減少する事を見て、Acetylcholine は心筋の収縮に一役を果たし、収縮は Acetylcholine の合成に基くものであろう。正常の心筋では Acetylcholine の合成が強く、斯かる心筋に Acetylcholine を添加すると Acetylcholine の合成を減少さし、その結果心筋の収縮を抑制するが、搏動を止めた心筋では Acetylcholine の合成が弱く、か様な心筋に Acetylcholine を添加すると Acetylcholine の合成を促進さし心筋の収縮を起させるものであろうと言っている。又家兎の小腸で<sup>6)</sup>、普通の量の Acetylcholine は収縮を起すが、大量では運動を抑制する事を確かめ、血管<sup>7)</sup> に対しても長く灌流した後では Acetylcholine が血管の収縮を惹き起す事を実験してこの考えを強めている。こうして

心筋や滑平筋は骨骼筋と同様 Acetylcholine がその収縮に関係し、Adrenalineはこの Acetylcholine の作用に影響する事によつてその作用を現わすものではあるまいかと言及している<sup>9)</sup>。

そこで、私は Nachmansohn 等の神経繊維内の興奮伝導に Acetylcholine の合成なる分解が関係しているとの説を更に心筋及び滑平筋にまで押し拡げて、之等筋の中でも Acetylcholine の合成及び分解が起き、之が筋の収縮及び自働運動の原因となつていゝのではあるまいかという考え方が許されそうに思われる、事実心筋<sup>9)</sup> 及び諸種滑平筋<sup>10)</sup> 内で Acetylcholine が合成されうる事は多くの研究者達の証明もあり、又 Acetylcholine を分解する Cholinesterase が広く諸種臓器の組織中に含まれていゝる事もこの事を裏書きしていゝるものではあるまいかと思はれる。

そして Adrenaline 或は交感神経の心筋及び滑平筋に対する作用は之等筋内の Acetylcholine の合成及び分解を促進させる事によつて現われるものではあるまいか。

こう考えて見ると第二編で述べた様に Adrenaline が収縮を起さず家兎の子宮でも、又収縮を抑制する海猿及び蛙の小腸でも、Adrenaline は同様の回数の多い速い収縮を起させるといゝ事がよく理解されうる様に思われる。

そこでこの考えを確かめる為に、先づ Burn 等の報告を追試し、次いで海猿小腸に対する Acetylcholine と Adrenaline の作用の関係を調べた。

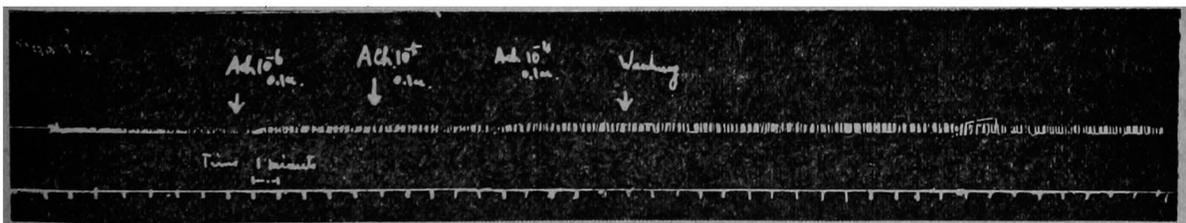
## Ⅰ. 心筋に対する Acetylcholine の運動促進作用

Burn 等<sup>5)</sup> は家兎の剔出した心房標品で 25~40 時間液を繰り返えし新しい液と取り換えて組織から拡散して出て来る物質を取り除き、搏動が停止したものに Acetylcholine を加えると再び搏動を始める様になり、Acetylcholine の量を増すと搏動が増強され、搏動が充分恢復した後は Acetylcholine は搏動を抑制する様になる事を報告してゐる。そこでこの心筋に対する Acetylcholine の運動促進作用を確かめようと思ひ次の実験を行つた。

Burn 等は全心臓は異つた組織を含んでいゝるので適当ではないと言つてゐるが、全心臓でも同様の成績が得られるだろうと思つたので、蛙の全心臓に就いて実験した。

A) 実験方法；殿様蛙の心臓で Straub 氏法に従つて作つた標品に就いて長時間 Mariotte の瓶から Ringer 氏液をカニューレ内に流して絶えず Ringer 氏液を新しいものと取り換えて収縮が弱まつた後に、Acetylcholine (Roche 製品) を作用させて運動促進作用が現われるかどうかを検べた。Ringer 氏液の組成は NaCl 0.65%, KCl 0.01%, CaCl<sub>2</sub> 0.02%, NaHCO<sub>3</sub> 0.01% のものを用いた。カニューレ内の Ringer 氏液には空気を送つて酸素の欠乏を防ぎ、液の圧は約 5cm H<sub>2</sub>O, カニューレ内の液の量は約 2c.c. となる様にした。

B) 実験成績；灌流を始めて 48 時間後には未だ Acetylcholine は運動を抑制したが、更に 2 時間灌流を続けた後  $1:2 \times 10^7$  の Acetylcholine は、振幅に対しては稍々大きくなつ



第1図. 蛙心臓に対する Acetylcholine 促進作用：Straub 氏法による殿様蛙心臓標品。カニューレの Ringer 氏液は Mariotte の罫より灌流し、50 時間放置せるものに Acetylcholine を加う。カニューレ内 Ringer 氏液の量約 2cc.  $1:2 \times 10^7 \sim 1:2 \times 10^8$  の Acetylcholine により搏動数の増加が見られ、振幅も稍々大きくなつたと思はれる。Acetylcholine を去り、Ringer 氏液で灌流を続ければ再び搏動数の減少を見た。

たかと思われる程度で余り著明ではなかつたが、搏動数を著明に増加させた。Acetylcholineの量を次第に増加させて見たが、 $1:2 \times 10^5$ でも抑制作用は現われず依然搏動数の増加を示していた。Ringer 氏液を取り換えて暫く灌流を続けると再び搏動数を減じた(第1図)。

C) 結論；この成績から Burn 等の言っている様に、心臓でも Acetylcholine は元来、骨筋や一部の滑平筋と同様、収縮に関係しているのであるが、正常の状態では心臓には比較的少量の Acetylcholine がある為に、Acetylcholine の添加或は迷走神経刺戟は却つて収縮を妨げ、運動を抑制するものかと思われる。

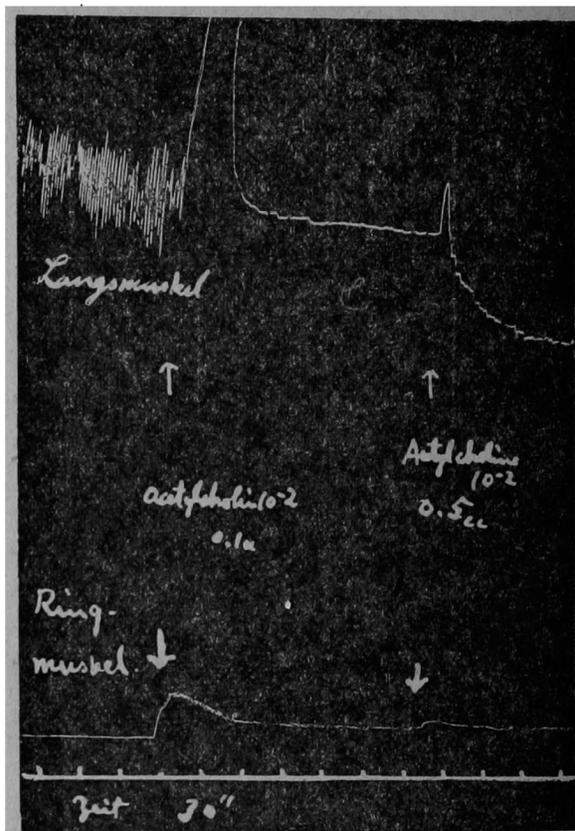
### II. 小腸に対する Acetylcholine の運動抑制作用。

Burn 等<sup>6)</sup> は家兎の小腸に対して、元来運動促進的に作用する Acetylcholine も、大量(約  $1:3 \times 10^3$ )を作用させると抑制的に作用する事を発見し、小腸等では正常時 Acetylcholine の量が少いので、普通の量の Acetylcholine を作用させると、筋の収縮を促すが、大量では丁度普通の状態では心筋が運動を抑制されると同様に、小腸の運動を抑制するのであると言っている。そこで大量の Acetylcholine の海猿小腸に対する作用を検べて見た。

A) 実験方法；Magnus 氏法では輪状筋の収縮状態が分らず、腸管の弛緩は輪状筋の収縮により受動的に起るものかも知れないとの議論の余地があるので、第二編第1図に示した如く縦走筋と輪状筋の運動を同時に記載出来る様な方法を用いた。縦走筋に就いては管状のまま切り取つた腸管の両端を(b)の如く鉄製針金に掛け、輪状筋は(c)の如く輪状に切り取つて針金に掛けて Tyrode 氏液中に吊るし、この装置を恒温槽中に浸けて Tyrode 氏液の温度を  $38^{\circ}\text{C}$  前後に保たせた。Tyrode 氏液の量は約 20c.c. となる様にした。薬物を取り去るにはAの漏斗より新しい Tyrode 氏液を管内に注ぎ洗い流す様にした。動物は海猿を用い、Acetylcholine は Roche 製品を

Tyrode 氏液に溶解して用いた。

B) 実験成績；第2図に示す如く、 $1:2 \times 10^4$  の Acetylcholine では縦走筋、輪状筋共に収縮したが、もつと稀薄な Acetylcholine の



第2図. 海猿小腸に対する Acetylcholine の作用。 $1:2 \times 10^4$  の Acetylcholine では縦走筋(上)、輪状筋(下)共に収縮を起したが、収縮持続時間は短く間もなく元に戻る。 $1:4 \times 10^3$  の Acetylcholine では縦走筋の著明な緊張低下が見られる。

時と比べて収縮持続時間が長くなり、間もなく元の位置に戻り、自働運動は消失した。 $1:4 \times 10^3$  の Acetylcholine では輪状筋では極く僅かな収縮を起したが、縦走筋は一時小さな収縮を起した後著明な緊張の低下が見られた。

C) 結論；Burn 等の報告の如く元来 Acetylcholine が運動促進的に作用する海猿小腸に対しても大量の Acetylcholine は抑制的に作用するものゝ如くと思われる。心臓に就いての実験と共に Burn 等の説の如く、心筋も滑平筋も骨筋同様、Acetylcholine が収縮の原因であるが、Acetylcholine により運動が抑制される心筋或は一部の滑平筋では平常筋内 Acetylcholine の合成が必要以上に強く、之に

Acetylcholine を作用させると却つて収縮を妨げ運動が抑制されるものではないかと思われる。

#### IV. 海猿小腸に対する Adrenaline 及び Acetylcholine の作用

心筋及び滑平筋の自動運動は筋肉の Acetylcholine の合成及び分解が原因となつて行われて居り、Adrenaline はこの Acetylcholine の合成及び分解の反応を促進さし、全体としては Acetylcholine の量を減少させる事によつてその作用を現わすものではあるまいかと思われる。こう考えて見ると第二編で述べた様に、心筋、血管及び家兎子宮の如く Adrenaline が運動促進的に作用する組織に対しても、又海猿子宮或は蛙の小腸等の如く運動抑制的に作用する組織に対しても、Adrenaline が回数の多い速い収縮を起させるといふ事実がよく理解されよう。

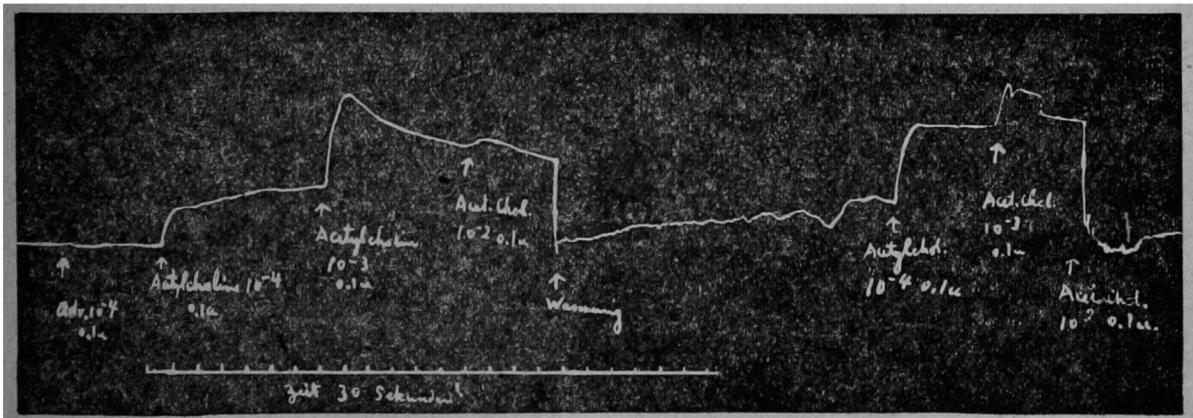
心筋等では平常 Acetylcholine が収縮に必要な量に比し、比較的多量に合成されて居り、Adrenaline がこの Acetylcholine の量を減少させる事は却つて興奮性を高め収縮を強めるが、

小腸等では前述の如く Acetylcholine の分解が比較的強く、少量しか含まれていないものでは、Adrenaline により更に Acetylcholine の量が減少すると、収縮を起すに不充分となり、運動が抑制されるものと考えれば Adrenaline の作用が充分説明出来る様に思われる。

この考えの下に海猿小腸に対する Adrenaline と Acetylcholine の作用の関係を調べた。

A) 実験方法；Magnus 氏法に従つて海猿小腸切片を約 20cc. の Tyrode 氏液を容れた管中に吊るし、恒温槽で管内の Tyrode 氏液を 38°C 前後に保たしめ、之に Adrenaline を加える前と加えた後とで Acetylcholine の作用が変化するかどうかを調べた。Tyrode 氏液には空気を送つて酸素の欠乏を防いだ。Adrenaline は Rone Poulenc 製結晶 Adrenaline を Tyrode 氏液 (1N の HCl 約 1% を含む) に 1000 倍溶液としたものを基として用いた。

B) 実験成績；第 3 図に示す如く、Adrenaline を  $1:2 \times 10^6$  の濃度に加えた後では、 $1:2 \times 10^6$  の Acetylcholine は弱い収縮を起したが、 $1:2 \times 10^4$  の Acetylcholine も尙ほ収



第 3 図。海猿小腸に対する Acetylcholine の作用に及ぼす Adrenaline の影響。Magnus 氏法による。浴槽内 Tyrode 氏液の量約 20cc.

縮を起した。之に反し、Adrenaline を洗い去つた後では  $1:2 \times 10^6$  の Acetylcholine の収縮作用は Adrenaline を加えた時のものよりも大きく、 $1:2 \times 10^4$  の濃度では収縮が起らず、著明な緊張の低下を生じた。

C) 結論；この成績は Adrenaline が海猿小腸では Acetylcholine の分解を促進し、Ace-

tylcholine の量を減少させる事を意味しているものではないかと思われる。Adrenaline を加えない時は、 $1:2 \times 10^4$  の Acetylcholine は大量の Acetylcholine の運動抑制作用を現わすが、Adrenaline が存在すれば、この高濃度の Acetylcholine も、大量の時の運動抑制作用が現われず、収縮作用が現われる。Acetyl-

choline の量は Adrenaline の存在する時は減少する事を示している。この事実は、Adrenaline が Acetylcholine の分解を促がし、量を減少させる事を意味し、その為平素 Acetylcholine の量が少い小腸等では、更に Acetylcholine の量が減少する為収縮が起り得なくなり、Adrenaline の作用は運動抑制として現われるものではあるまいかと思われる。

### V. 考 察

以上の実験成績から、Burn 等<sup>8)</sup>の説の如く、心筋及び滑平筋では骨格筋と同様元来は Acetylcholine が収縮の原因であり、心筋等の如く、Acetylcholine が運動を抑制する組織では、正常の状態に既に Acetylcholine の合成が強く、大量に含まれているので、之に Acetylcholine の添加は却つて運動を抑制するものではあるまいかとの説は尤もらしく思われる。

V. Muralt<sup>1)</sup> が神経興奮時に神経繊維内に Acetylcholine の合成が行われている事を実証して以来 Nachmansohn 等<sup>2)</sup> は神経繊維内に起る Acetylcholine の合成及び分解が興奮伝導に関係があり、働作電流の消長の基礎となる原形質膜変化の原因であろうと言っている。又 Acetylcholine が電位差発生の原因となり得る事は Beutner 及び Barnes<sup>11)</sup> 等の実験もあり、電気ウナギ等の電気発生装置内に多量の Acetylcholine が含まれている<sup>12)</sup> 事等はこの事を裏書きしているものと思われる。之等の事から、筋内の収縮にも同様の事が考えられそうである。筋の収縮に筋内の Acetylcholine の合成及び分解が関係し、之が働作電流の発生にも一役を果たして居り、Acetylcholine はアデノシン三リン酸による Actomyosin 系の変化に影響する事によつて筋の収縮が起るものではあるまいか。心筋及び滑平筋内で Acetylcholine の合成が行われうる事は多くの人達<sup>9,10)</sup> の証明もあり、又 Acetylcholine を分解する Cholinesterase が広く動物諸組織内に含まれている事もこの事を裏書きしているものと思われる。従つて心筋及び滑

平筋の自働運動は組織内の Acetylcholine の合成及び分解が原因しているという考え方が許されそうに思われる。

而して Acetylcholine は第四アムモニウム塩に属し、リポイドに溶け難く、従つて原形質膜を透過し難いと思われるので、外部から加えた Acetylcholine 或は副交感神経の刺戟によつて神経末端に出来た Acetylcholine は組織の内部に侵入せず、神経筋接合部に作用して内部の Acetylcholine の合成を促がし、筋の収縮を起させるものであろう。唯だ、心筋或は一部の滑平筋の様に Acetylcholine が収縮を抑制する組織では、平常筋内 Acetylcholine の量が収縮に必要な量以上に合成されている為、之に外部からの Acetylcholine により更に筋内 Acetylcholine の量が高められると、却つて筋の収縮を妨げ、運動が抑制されるものではあるまいか。

Nachmansohn<sup>12)</sup> は、Eserine 塩基溶液に蛙の坐骨神経の一部を浸し、神経繊維内に合成された Acetylcholine の分解が起らない様にするると働作電流及び興奮伝導能力が抑制される事を報告して居り、又 Loew 及び Gesell<sup>14)</sup> は骨格筋に種々の Cholinesterase 抑制物質を作用させる時筋の収縮が阻害される事を観察している。

他方 Adrenaline は第三アミンに属し、原形質膜を透過し得るものと思われる。従つて Adrenaline は筋内 Acetylcholine の合成及び分解に直接影響し、この変化の反応を速め、全体としては Acetylcholine の量を減少させる事によつてその作用を現わすものではあるまいか。Adrenaline を分解する Pheno'ase が動物組織内に広く含まれている事も亦 Adrenaline が組織内部に侵入し得る事を暗示しているものと考えられる。又 Eserin, Prostigmine, Ergotamine, Muscarine, Strychnine, Pilocarpine 及び Histamine 等自律神経系に影響する薬物が何れも Cholinesterase の Acetylcholine 分解作用を抑制し<sup>15)</sup>、Adrenaline と同様の作用のある Sympathol が Cholinesterase の作用を促進させる<sup>16)</sup> という報告は、Adre-

naline も Cholinesterase の作用に影響を及ぼし、恐らくは Sympathol と同様に、Cholinesterase の Acetylcholine 分解作用を促進させるだろうとの想像を許すであろう。

前述の如く、筋内 Acetylcholine の量が必要以上に多量にあると思われる心筋、血管等の組織では、Adrenaline によりこの筋内 Acetylcholine の量が減少すれば筋の収縮が強められ、平常筋内 Acetylcholine の量が少いと思われる小腸等の滑平筋では Adrenaline が作用して筋内 Acetylcholine の量を更に減少させれば、収縮を起すに不充分となり運動が抑制されるものと思われる。事実小腸には他の部に比し多量の Cholinesterase が含まれている事が証明されている<sup>15)</sup>。

而して Atropin が Acetylcholine の作用を抑制するが、Adrenaline の作用に影響しないのは、この薬物は Acetylcholine が神経筋接合部に於ける組織の受容体に作用する所を阻止して、Acetylcholine の合成を促がす事が出来なくするが、Adrenaline は直接細胞内の Acetylcholine の合成及び分解に影響する為で

はあるまいかと思われる。

#### IV. 總 括

1) Straub 氏法による殿様蛙心臓に就いて、カニューレ内の Ringer 氏液を 50 時間灌流した後、Acetylcholine が運動を促進するのが認められた。

2) 元来海猿小腸に対して運動を促進さす Acetylcholine も大量では運動を抑制する。

3) 海猿小腸に就て、Adrenaline を予め加えておくと少量の Acetylcholine の作用は弱まるが、Adrenaline を加えていない時には運動抑制的に作用する大量の Acetylcholine も Adrenaline を加えた後では促進的に作用する。

4) 以上の実験から心筋及び滑平筋の自働運動は筋内に起る Acetylcholine の合成及び分解が原因し、Adrenaline はこの Acetylcholine の合成及び分解の反応を促進さし、全体としては Acetylcholine の量を減少させる事によつてその作用を現わすものではあるまいかと考えられる。

#### 文 献

- 1) Von Muralt, A.; Proc. Roy. Soc. B. (1937), **123**; 399.
- 2) Fulton, J. F. and D. Nachmansohn; Science (1943), **97**; 569. — Nachmansohn, D. and M. A. Rothenberg; Science (1944), **150**; 454. — 長浜 博; 科学, 岩波 (1950), **20**; 171.
- 3) Dale, H. H. and W. Feldberg; J. Physiol. (1934), **81**; P39. — Dale, H. H., W. Feldberg and M. Vogt; J. Physiol. (1936), **86**; 353. — Dale, H. H., W. Feldberg and R. L. Brown; J. Physiol. (1936), **87**; 394. — Riesser, O.; Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmacol. (1922), **92**; 254. — Riesser, O.; Pflüger's Arch. (1922), **197**; 288. — Feldberg, W.; Pflüger's Arch. (1933), **232**; 88. — Simonart, A.; Arch. internat. de Pharmacodyn. et de therap. (1935), **51**; 381. — Brown, G. L.; J. Physiol. (1937), **89**; P12.
- 4) Kibjakow, A. W.; Pflüger's Arch. (1933), **232**; 432. — Feldberg, W., and J. H. Gaddum; J. Physiol. (1934), **81**; 305. — Barsoum, G. S., J. H. Gaddum and M. A. Khayyal; J. Physiol. (1934), **82**; P9. — Feldberg, W. and A. Vartiainen; J. Physiol. (1934) **83**; 103.
- 5) Bulbring, E. and J. H. Burn; J. Physiol. (1948), **108**; 508.
- 6) Burn, J. H. and J. R. Vane; J. Physiol. (1948), **108**; 104.
- 7) Bulbring, E. and J. H. Burn; J. Physiol. (1948), **108**; P6.
- 8) Burn, J. H.; Physiol. Rev. (1950) **30**; 177.
- 9) Beznák, A. B. L.; J. Physiol. (1934) **82**; 129. — Comline, R. S.; J. Physiol. (1946) **105**; 6.
- 10) Chang, H. C. and J. H. Gaddum; J. Physiol. (1933) **79**; 255. — Corteggiani, E.; C. R. Soc. Biol. (1937) **125**; 949. — Dikobit, B. B.; Quart. J. Exp. Physiol. (1938) **28**; 243. — Donomae, E.; Pflüger's Arch. (1933)

- 234 ; 318. — Donomae, E. and W. Feldberg; Pflüger's Arch. (1934), 234 ; 325. — Feldberg, W. and H. Kwiatkowski; Pflüger's Arch. (1934), 234 ; 333. — Feldberg, W. and R. C. Y. Lin; J. Physiol. (1949) 109 ; 475, P 32. — Feldberg, W. and P. Rosenfeld; Pflüger's Arch. (1933) 232 ; 212. — Feldberg, W. and D. Solandt; J. Physiol. (1942) 101 ; 137. — Gayet, R., B. Minz and D. Quivy; C. R. Soc. Biol. (1937) 126 ; 1138. — Goffart, M.; Arch. internat. Physiol. (1939) 49 ; 153. — Goffart, M. et Z. M. Bacq; Arch. internat. Physiol. (1939) 49 ; 179. — Kahlson, G.; Arch. exp. Pathol. u. Pharmacol. (1934) 175 ; 198. — Shaw, F. H.; Bioch. J. (1938) 32 ; 1002.
- 11) Beutner, R. and T. C. Barnes; Science, (1941) 94 ; 211.
- 12) Nachmansohn, D, R. T. Cox, C. W. Coates and A. L. Machadow; J. Neurophysiol. (1942) 5 ; 499. (1943) 6 ; 383.
- 13) Nachmansohn, D.; C. R. Soc. Biol. (1938) 129 ; 941.
- 14) Loew, C. R. and R. Gesell; Amer. J. Physiol. (1948) 153 ; 355.
- 15) Ammon, R.; Ergeb. d. Enzymforsch. (1935) 4 ; 102. — Ammon, R. and G. Voss; Pflüger's Arch. (1935) 235 ; 393. — Engelhart, E. and O. Loewi; Arch. exp. Path. u. Phar. (1930) 150 ; 1. — Ammon, R.; Pflüger's A. (1933) 233 ; 486.
- 16) Keeser, E.; Klin. Wochenschr. (1938) 171, No51, 1811.
- 17) 若林, 佐藤; 生化学, (1949)(昭24年) 21; 81.

## 交感神経の作用機序に関する研究

### 第 四 編

#### 諸種臓器抽出液の Acetylcholine 分解作用に及ぼす

#### Adrenaline 及び其の他2, 3の薬物の影響

岡山大学医学部生理学教室 (主任 林 香苗教授)

中 根 喬

[昭和27年4月15日受稿]

### I. 序 論

第三編に述べた様に Adrenaline 及び Acetylcholine の心筋及び滑平筋に対する作用を検べて得た成績から, Nachmansohn<sup>1)</sup> 及び Burn<sup>2)</sup> 等の考えを発展させて, 之等筋の内部には Acetylcholine の合成及び分解が交互に繰り返えされて起つて居り, 之が自動運動の原因となつて居るのではあるまいか. そして外方より用いた Acetylcholine 或は副交感神経の作用は, この筋肉の Acetylcholine の合

成を促がし, Adrenaline 或は交感神経は筋肉の Acetylcholine の合成及び分解の反応を促進さし, 全体的には Acetylcholine の量を減少さす事によつて, その作用を現わすものではあるまいかといふ考えを抱くに至つた.

心筋等に対する Acetylcholine 或は副交感神経がその運動を抑制し乃至は弛緩するのは, 之等の筋肉にはその筋の収縮にとつて比較的多量の Acetylcholine が平常含まれて居り, この Acetylcholine の量を更に高める事は却つて収縮を弱め, 弛緩させる様になるに因る