“脊髓後根交感神経”（遠心性）の瞳孔縮小作用について IV

関西医科大学生理学教室

幸 塚 嘉 一, 内 藤 博 江, 浅 井 茂 次

堀 川 惺 子, 三 戸 裕

Pupilloconstricting Action of Efferent Posterior Sympathetic Fibers (IV)

Kaichi Kōtsuka, Hiroe Naito, Shigeji Asai, Shizuka Horikawa and Hiroshi Mito

Department of Physiology, Kansai Medical School

1) It is demonstrated that there exist efferent sympathetic pupilloconstricting fibers in the cervical sympathetic trunk of cats and rabbits besides so far accepted efferent sympathetic pupillodilator fibers.

2) The efferent pupilloconstricting fibers in the cervical sympathetic trunk have no cell stations in the superior cervical ganglia.

3) The results of 1) and 2) are correspondent with already verified results referring to the pupilloconstricting action of “efferent posterior sympathetic nerves” of cold blooded animals. In analogous to cold blooded animals, the present experimental results lead to conclude that “the efferent sympathetic nerves” of warm blooded animals such as cats and rabbits are possessed with pupilloconstricting actions.

4) It is assumed that the dilator muscle of the iris of cats and rabbits are subject to “efferent double sympathetic innervation”.

さきに私たちは、後根を通る新しい自律神経線維の存在を主として生理学的実験により明らかにし、これを“脊髓後根交感神経”（efferent, 幸塚）と命名した（1955）。

“脊髓後根交感神経”（efferent）の解剖的経路を略記すれば次の如くである。①脊髓中に origin を有する。②脊髓を出て、後根を通過する。③脊髓神経節にて cell station をなす。④節後線維は交通枝を経て交感神経境界索に入る。⑤交感神経境界索より再び交通枝を経て、前根から来る交感神経（Langley）と共に effector organ に達する。また“脊髓後根交感神経”（efferent）の主要なる機能として、(1)血管拡張作用、(2)心臓抑制作用及び(3)瞳孔縮小作用等が主として冷血動物について実証されている。これ等はいずれも従来の所謂 Langley

氏遠心性二重支配法則に反するものである。因みに“脊髓後根交感神経”（efferent）の組織学的根拠を示すものとして、Pick (1957)、西川、他 (1957)、鈴木氏法による）及び中西、西中 (1958) 等の研究がある。

本研究のⅠ～Ⅲにおいては、カエル及び食用ガエルについて“脊髓後根交感神経”（efferent）が瞳孔縮小作用を有することを実証した。冷血動物について実証したところの“脊髓後根交感神経”（efferent）の縮瞳線維の解剖的経路を模型にて示せば図1の如くである。即ちこれは従来の第3脳神経中を通るところの縮瞳神経線維とはその origin 及び経路を全く異にするところの別個の瞳孔縮小神経線維である。本報においては更に温血動物について、この“脊髓後根交感神経”の縮瞳作用を検するため先ず次の如き実験をおこなった。

第 1 表

(ネコ: ♀ 体重 660 g)			
手術的 操作	ergo. 投与	刺 激 (グリセリン点塗法)	瞳孔変化
左頸部交感神経 結紮切断	点眼 (左眼)	左頸部交感神経 末梢切断端 刺 激	左瞳孔縮小
右頸部交感神経 結紮切断	な し	右頸部交感神経 末梢切断端 刺 激	右瞳孔散大

図 1 “脊髄後根交感神経” (efferent) の瞳孔縮小維線(カエル, 食用ガエル)

図 2 ↓: 左及び右頸部交感神経の末梢切断端を“グリセリン点塗法”により刺激(刺激を加えた時を0分とす)
 —: ergo. Ringer 点眼(左眼)の後左頸部交感神経刺激による左瞳孔縮小
 ----: (ergo. Ringer 点眼せず) 右頸部交感神経刺激による右瞳孔散大
 (ネコ♀体重660 g)

実験方法

幼猫(13例)および幼兔(5例)を使用した。麻酔方法としては、20%ウレタンを1g/kgの割合に静脈注射(ネコ)或いは皮下注射(ウサギ)により投与する。前頸部を開いて両側の頸部交感神経を露出し、これを上頸神経節(g. cerv. sup.)よりも中枢部にて両側共結紮切断する。刺激方法としては、神経線維に対しては“グリセリン点塗法”(1952, 幸塚)を用い、神経節に対してはニコチン法(Langley & Dickinson)を用いた。瞳孔の測定方法は本研究のIと同様である。

実験成績

(1)前記の如く、両側の頸部交感神経を結紮切断した後、1側の眼に磷酸エルゴトキシン・リンガー液(ergo. Ringer)を点眼し、約15分乃至20分間作用させる。次に同側の頸部交感神経の末梢切断端を“グリセリン点塗法”にて刺激すると、瞳孔は刺激前に比して明らかに縮小を示しついで回復した。これに反して、反対側の瞳孔には ergo. Ringer を加えずに同じく頸部交感神経を“グリセリン点塗法”にて刺激すると瞳孔は明らかに散大を示し後回復した。代表例につき本実験結果を要約す

第 2 表

(a) ergo. Ringer 点眼			
番号	実験動物 (性, 体重g)	頸部交感神経刺激による瞳孔直径(mm)の変化	瞳孔変化率(%)
1	ネコ(♂ 660)	3.10 → 2.45	-20.0
2	ネコ(♀ 530)	1.50 → 0.60	-60.0
3	ウサギ(♂ 1450)	3.80 → 2.95	-22.4
4	ウサギ(♂ 2000)	3.10 → 2.40	-22.5
5	ウサギ(♀ 1600)	3.90 → 3.40	-12.8

(b) ergo. Ringer 点眼せず			
番号	実験動物 (性, 体重g)	瞳孔直径(mm)の変化	瞳孔変化率(%)
1	ネコ(♀ 680)	1.95 → 2.60	+33.3
2	ネコ(♀ 660)	2.95 → 3.60	+22.2
3	ネコ(♂ 800)	0.95 → 1.35	+42.1
4	ウサギ(♂ 2500)	5.30 → 6.20	+17.0
5	ウサギ(♀ 1600)	3.30 → 4.30	+30.3

(-)は縮小を示す
 (+)は散大を示す

れば表1の如くである。またこの場合の左右の瞳孔変化の時間的経過をグラフにて示せば図2の如くである。表2(a)は ergo・Ringer 点眼の後、頸部交感神経を刺激して縮瞳を来した実験例(代表5例)についての瞳孔縮小率を示し、表2(b)は ergo・Ringer を点眼せずに頸部交感神経を刺激して散瞳を来した場合の代表5例についての瞳孔散大率を示す。

(2)周知のように頸部交感神経中の瞳孔散大神経線維は上頸神経節において cell station をなしている。そこで先ず1側の頸部交感神経に0.5%ニコチン・リンガー液を塗布して、上頸神経節にて瞳孔散大神経線維を遮断させた後、この神経節よりも中枢部にて頸部交感神経を“グリセリン点塗法”にて刺激すると瞳孔は明らかに縮小を示した。これに反して、反対側の頸部交感神経については上頸神経節にニコチン作用をさせることなくして頸部交感神経を同様にして刺激すると、瞳孔は明らかに散大した。この実験結果を代表例につき要約すれば表3の如くである。またこの場合の左右の瞳孔変化の時間的経過をグラフにて示せば図3の如くである。

第3表

(ネコ：♀ 体重580g)			
手術的操作	ニコチン投与	刺激(グリセリン点塗法)	瞳孔変化
右頸部交感神経結紮切断	右頸部交感神経節内ニコチン注入	右頸部交感神経(上頸節の中枢部)刺激	右瞳孔縮小
左頸部交感神経結紮切断	なし	左頸部交感神経(上頸節の中枢部)刺激	左瞳孔散大

図3 ↓：左及び右頸部交感神経の末梢切断端を“グリセリン点塗法”により刺激(刺激を加えた時を0分とす)
 —：右上頸神経節内にニコチン注入の後、右頸部交感神経刺激により右瞳孔縮小を示す
 - - - (左上頸神経節内ニコチン注入せず)左頸部交感神経刺激により左瞳孔散大を示す
 (ネコ♀体重580g)

考 察

本実験の(1)においては、予め ergo・Ringer を点眼し

て adrenergic nervr の末端を麻痺させた後、頸部交感神経の末梢切断端を刺激すると瞳孔散大が起つた。従つて頸部交感神経中には adrenergic の瞳孔散大神経の他に尚 efferent の瞳孔縮小神経線維の存在が考えられる。ところで Langley の所謂遠心性二重支配法則以来瞳孔は交感神経により散大し、副交感神経により縮小すると単純に考えられて来た。また虹彩における瞳孔散大筋は交感神経支配を受けるといふことは、Clark (1937), Stotler (1937) 及び Kuntz & Richins (1946) 等によつて解剖的並びに実験的に証明されているところである。従つて従来は、瞳孔散大筋が交感神経支配下にあり、交感神経は瞳孔散大にのみ関与していると考えられていたわけであるが、本実験(1)の結果により頸部交感神経中には瞳孔散大神経のみが存在するのではなくて、瞳孔散大神経線維と瞳孔縮小神経線維との2種の神経線維が存在すると考えられるのである。しかして瞳孔散大筋は交感神経支配のみを受け、交感神経中の adrenergic fiber は瞳孔散大筋の aktive な contraction を増強させる結果瞳孔散大を起すというのであるから (Kuntz, 1946), 本実験における縮瞳は頸部交感神経中の cholinergic fiber により瞳孔散大筋の弛緩が起つた結果であると推定される。ところが反対側の瞳孔については、ergo・Ringer を点眼することなくしてこの2種の混合神経であるところの頸部交感神経を刺激すると瞳孔散大のみが起つたのであるから、頸部交感神経中の瞳孔散大神経線維は瞳孔縮小神経線維よりも predominant であると考えられる。

次に(2)の実験においては、上頸神経節にニコチンを塗布し、頸部交感神経中の瞳孔散大神経線維をこの上頸神経節にて遮断させた後、この神経節よりも中枢部にて頸部交感神経を刺激すると瞳孔は縮小を示した。これは頸部交感神経中の瞳孔縮小神経線維が刺激された結果と考えられる。またこの実験結果から、頸部交感神経中の瞳孔散大神経線維は上頸神経節にて cell station をなしているのに反して、頸部交感神経中の瞳孔縮小神経線維は上頸神経節にて cell station をなさず単に素通りするのみであるという事が明らかとなつた。

以上の実験により頸部交感神経中には瞳孔散大神経線維の他に尚瞳孔縮小神経線維が存在すること及びこの線維は上頸神経節にて cell station をなさず単に素通りするのみであることが明らかとなつたが、この実験結果をさきに冷血動物についておこなつたところの実験結果(本研究のⅠ～Ⅲ)に analogy して考えるならば、この頸部交感神経中の瞳孔縮小神経

線維は“脊髄後根交感神経”の瞳孔縮小神経線維であると考えられる。即ちその根拠は次の如くである。①“脊髄後根交感神経”(efferent)は交感神経境界索にて脊髄前根交感神経(Langley)と合してから effector organ に達するまでの間終始脊髄前根交感神経(Langley)と平行して走るということをさきに実証したが、この事は本実験の成績と相一致する。②また一般に自律神経線維は effector organ に達するまでの間唯1カ所において cell station をなすという Langley の法則を前提として考えるならば、“脊髄後根交感神経”は脊髄神経節にて cell station をなすということを既に私達は実証したのであるから、若し本実験の縮瞳線維が脊髄後根交感神経であるならば、もはや他の部位にて cell station をなさない筈である。従つて本実験(2)の結果はこれが“脊髄後根交感神経”であることを示す1つの根拠を示す。③また H. H. Dale によれば、一般に efferent の sympathetic chain は adrenergic sympathetic fiber と cholinergic sympathetic fiber との2種類の神経線維よりなるという。本実験においては adrenergic sympathetic fiber の作用をエルゴトキシンにより麻痺させてあるから、この縮瞳は明らかに今1つの cholinergic sympathetic fiber によると考えざるを得ない。ところで“脊髄後根交感神経”(efferent)は cholinergic fiber であることをさきに私達は冷血動物について実証したのであるからこれとの analogy により、本実験の縮瞳線維は“脊髄後根交感神経”(efferent)であると考えざるを得ない。以上3つの理由により、頸部交感神経中の瞳孔縮小神経線維は“脊髄後根交感神経”(efferent)であると推定し得る。従つて瞳孔散大筋は脊髄前根交感神経(Langley)による収縮作用(瞳孔散大)と、“脊髄後根交感神経”(efferent)による弛緩作用(瞳孔縮小)とを受けているとすれば、本実験における瞳孔変化は明快に説明され得るわけである。従つて温血動物の瞳孔散大筋についても冷血動物の場合と同様に、“交感神経性二重支配”が成立し得ると考えられる。またこれは所謂 Langley 氏遠心性二重支配法則の不当性を示す一根拠となり得る。

結 論

1) ネコ及びウサギの頸部交感神経中には、従来の瞳孔散大神経線維とは別に、efferent の瞳孔縮小神経線維が存在することを実証した。

2) この頸部交感神経中の縮瞳神経線維は上頸神経節

において cell station をなさず単に素通りするのみである。

3) 1) 2) の成績はさきに実証したところの冷血動物における“脊髄後根交感神経”(efferent)の瞳孔縮小作用と相一致する。従つて冷血動物について得た結果との analogy に基き、温血動物においても“脊髄後根交感神経”(efferent)は瞳孔縮小作用を有すると考えられる。

4) 温血動物の瞳孔散大筋についても“交感神経性二重支配”が成立すると考えられる。

本研究の要旨は第21回近畿生理学談話会において発表の予定である。

本研究は日本ワックスマン財団学術研究助成奨励金による。実験材料につき御援助下さった本学田中美知子女士に心より御礼申し上げます。

文 献

- 1) Isikawa H.: Report Jap. Assoc. Science, 2: 333, 1926.
- 2) Müller L. R.: Lebensnerven u. Lebenstrieb, Berlin. Jul. Springer, 226, 1931.
- 3) Clark, S. L.: J. comp. Neurol. 66: 307, 1937.
- 4) Stotler, W. A.: Proc. Soc. exp. Biol. N. Y. 36: 576, 1937.
- 5) Kuntz, A., C. A. Richins: J. Neurophysiol. 9: 1, 1946.
- 6) White, J. C.: The autonomic nervous system. N. Y. 1952.
- 7) Kuntz, A.: The autonomic nervous system. Philadelphia. 1953.
- 8) 幸塚: 昭和30年文部省総合研究報告集録, 193, 1955.
- 9) 幸塚, 他: 日本生理誌. 18 (5): 297, 1956.
- 10) 幸塚, 内藤: 医学と生物学. 19 (8): 747, 1957.
- 11) 幸塚, 内藤: 医学と生物学. 43 (1): 36, 1957.
- 12) 幸塚, 内藤: 医学と生物学. 45 (1): 5, 1957.
- 13) 西川, 他: 弘前医学. 8 (4): 611, 1957.
- 14) Pick, J.: J. comp. Neurology. 100 (2): 192, 1957.
- 15) 中西, 西中: 日本生理学会第18回近畿生理学談話会発表, 1958.
- 16) 幸塚, 内藤: 日本生理誌. 20 (8): 655, 1958.
- 17) 幸塚, 内藤, 浅井: 医学と生物学. 50 (3): 82, 1959.
- 18) 幸塚, 内藤, 浅井: 医学と生物学. 50 (5): 170, 1959.
- 19) 幸塚, 内藤, 浅井: 医学と生物学. 50 (6): 225, 1959.
- 20) 幸塚: 第36回日本生理学会総会発表, 於東京, 1959.
- 21) 幸塚, 内藤, 浅井, 堀川, 三戸: 医学と生物学. 52 (2): 80, 1959.