

ネコ内眼筋支配副交感神経経路

—中脳-眼球間における direct pathway の存在—(図6, 表1)

種本 康之・宇賀 茂三 (北里大学医学部眼科学教室)
向野 和雄・石川 哲

A Horseradish Peroxidase Study of the Innervation of the Internal Eye Structures in the Cat Showing the Existence of a Nonsynapsing Direct Parasympathetic Pathway to the Eye

Yasuyuki Tanemoto, Shigekazu Uga, Kazuo Mukuno and Satoshi Ishikawa

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Kitasato University, Sagamihara, Japan

要 約

ネコ内眼筋副交感神経支配について毛様神経節その他でシナプスを介さない直接路の存在の可能性につき、Horseradish peroxidase (HRP) をトレーサーとして用い検討した。HRP を眼球内 (主に毛様体)、毛様神経節後線維、毛様神経節自身にそれぞれ注入し、組織化学的に毛様神経節、中脳の HRP 標識細胞を観察分析した。その結果、眼球内、毛様神経節後線維注入例では、比較的多数のニューロンが、毛様神経節を越え、中脳で標識された。特に、毛様神経節およびいわゆる副毛様神経節の両者においてシナプスを介さないと思われる direct pathway の線維は、AM 核、EW 核、Perlia 核に起始細胞体があるものと考えられた。毛様神経節後線維注入例で標識され、眼球内注入例では標識されない部位として Ventral tegmental area (VTA) が明らかとなり、その線維は、いわゆる副毛様神経節でシナプスを介する可能性があることが考えられた。毛様神経節注入標識細胞群から、眼球内および毛様神経節後線維注入標識細胞群を差し引くことにより、毛様神経節でシナプスを介する線維のみの起始細胞局在部位として、中心灰白質が考えられた。以上からネコにおいても、サルと同様に中脳-眼球間でシナプスを介さない direct pathway の存在が確認された。その事から direct pathway およびシナプスを介する indirect pathway において瞳孔反応および調節について機能分化の可能性が示唆された。(日眼 92:1380—1389, 1988)

キーワード：眼球内眼筋、毛様神経節、前中部核、直接路、HRP (Horseradish peroxidase)

Abstract

The parasympathetic pathways to the internal eye structures of the cat were investigated by applying horseradish peroxidase (HRP) as a retrograde transport tracer. Particular attention was paid to the evidence of a direct, nonsynapsing pathway terminating in the intraocular muscle through the ciliary ganglion. Three kinds of experiments were carried out with HRP being injected into the 1) ciliary body, 2) postganglionic nerve (short ciliary nerve), and 3) ciliary ganglion. Cells in the ciliary ganglion and the midbrain were labelled following injection. HRP-labelled cells were found in the ciliary ganglion and in the midbrain in every experimental condition even following injection to the ciliary body. Cell bodies in the anteromedian (AM) nucleus, E-W nucleus and Perlia nucleus were labelled after injection to the ciliary body and the short ciliary nerve, as well as to the ciliary

別刷請求先：228 神奈川県相模原市相模台 4 丁目12番 7 号 種本 康之 (昭和63年 4 月20日受付)

Reprint requests to: Yasuyuki Tanemoto

4-12-7, Sagamidai, Sagamihara City, Kanagawa-ken, Japan

(Accepted for publication April 20, 1988)

ganglion. The direct nonsynapsing pathway is considered to originate from cell bodies in these midbrain structures. The ventral tegmental area was labelled only following injection to the short ciliary nerve and ciliary ganglion, except the ciliary body. These facts suggest that the pathway from the ventral tegmental area (VTA) may synapse at the accessory ganglion near the eyeball. Cell bodies in the central gray area were labelled only after ciliary ganglion injection, suggesting that fibers from the central gray area may synapse at the ciliary ganglion. The results strongly suggest that non-synapsing direct pathway of the parasympathetic innervation of the internal eye structures exist in the cat, as in the case in the monkey. The functional significance of the direct pathway is discussed concerning accommodation and pupillary reflexes. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92 : 1380—1389, 1988)

Key words : Internal ocular muscle, ciliary ganglion, anteromedian nucleus, direct pathway, HRP (Horseradish peroxidase)

I 緒 言

眼の内眼筋（毛様体筋及び虹彩筋）の神経支配については、中脳の前中部核（anteromedian nucleus=AM）、Edinger-Westphal 核（EW nucleus）、時に Perlia 核に存在する副交感神経ニューロンが、動眼神経根に入り、毛様神経節でニューロンを変えたうえで（いわゆる indirect pathway）短毛様神経となり、眼球に達し、毛様体筋、虹彩筋を支配するという考えが広く受け入れられている。これは、Warwick¹⁾のサルの変性実験による結果が受け入れられてきた結果であると思われる。しかし、Westheimer²⁾等は、サルで電気生理学的に動眼神経核および本幹、毛様神経節の前後における周波数応答の差およびニコチン投与による瞳孔および調節の反応を検討した。その結果、毛様神経節でニューロンを変える線維は対光反応支配神経のみで、調節に関与する毛様体筋支配神経はニューロンを変えず直接支配であるという注目すべき研究結果を発表した。しかし、Ruskell³⁾は、サルについて動眼神経切断を行い、その形態学的研究から全ての副交感神経線維は、毛様神経節でニューロンを変えると報告している。1980年 Jaeger 等⁴⁾は、サル、ウサギについて Horseradish peroxidase (HRP) を tracer として用い、Westheimer²⁾の主張した毛様神経節その他でニューロンを変えない直接支配線維（いわゆる direct pathway）がみられるとする結果を示した。すなわち、逆行性軸索輸送トレーサー HRP を利用し、眼球内に HRP を投与し、中脳の AM 核、EW 核の神経細胞胞体が標識される事を示し、direct pathway の起始細胞体を証明した。しかし、これらの事実にもかかわらず、現在もなおほとんどの研究者は、この direct pathway の存在に懐疑的である。

本研究では、今まで direct pathway の研究がほとんど行われてないネコを用い検討を行った。すなわち、内眼筋（毛様体筋及び虹彩筋）、毛様神経節節後線維（postganglionic fiber）、毛様神経節自身にそれぞれ逆行性軸索輸送トレーサーである HRP を注入し、それによる毛様神経節自体および中脳の標識細胞を検討した。その結果、明らかに direct pathway と考えられる起始細胞の局在が判明した。更に、眼球内 HRP 投与による標識細胞の相違により副毛様神経節（accessory ciliary ganglion）の存在についても示唆されたのでここにその結果を報告する。一部はすでに報告した⁵⁾⁶⁾。

II 実験方法

成猫（2.5kg～3.5kg）19匹（眼球内主に毛様体注入例 3 例、毛様神経節節後線維注入例 9 例、毛様神経節注入例 3 例、sham surgery 4 例）を用い、筋注用ケタール 2ml 投与全麻下で行った。

実験 1 顕微鏡下にて強角膜移行部より 2mm の部位の強膜を巾 1mm で剥離し、毛様体を完全に露出し、直視下で 10 μ l のマイクロシリンジにて 50% HRP (Toyobo type 1-c, Tokyo)、20 μ l～50 μ l を主に毛様体へ、更に前房内へも十分な量の注入を行った。注入時、マイクロシリンジは毛様体と強膜の間を滑らし、出来るだけ奥まで達し、そこより徐々に引き抜きながら注入した。この時、HRP のもれを防ぐため、十分に時間をかけ、ゆっくり注入し、更に注入後は、よく洗浄を行った。更に強膜弁の縫合後、アロンアルファにて完全に強膜弁をふさぎ HRP の漏れを防いだ。一方、sham surgery として、2 匹の前房内には、20 μ l～50 μ l の HRP を注入した眼球周囲には HRP を滴下し、約 10 分後に良く洗浄を行った。

実験 2 および実験 3 前頭頭頂アプローチにて頭部

皮膚を切除し、頭蓋骨を露出し、更に側頭部へと拡大した。次に側頭筋を丹念に除去し下顎骨の一部も含めて切除した。外直筋と上直筋の眼球附着部に支持糸をつけ、両筋の中樞側を切除した。更に筋錐体へ向かい切除を進めると視神経外側で眼球より約1.5cm後方に約1.0mm～1.5mmの灰白色の毛様神経節を認める。さきに付けた支持糸を引きながら毛様神経節節前線維の方向へ剥離を進め節後線維、毛様神経節、節前線維の全貌を露出する。1.0 μ lのマイクロシリンジにて、実験2として毛様神経節節後線維に50% HRPを0.05 μ l～0.1 μ lを、又実験3として毛様神経節自身に0.1 μ l～0.3 μ lを、約1時間かけて注入した。注入時には、HRPの漏れによる取り込みを防止するために十分な生理食塩水による洗浄を行った。一方、sham surgeryとして、毛様神経節周囲にHRPを滴下し、約10分後洗浄を行った。上記実験ネコは、手術時より約24

時間から48時間後に還流固定を行った。還流固定は、0.5%パラホルムアルデヒドと2.5%グルタルアルデヒドの混合液で固定後、更に10%蔗糖液で還流を行い、毛様神経節と中脳の摘出を行った。その後、30%蔗糖液で1日及至3日間浸透保存した。中脳は、ネコ用の脳定位マップの0点より前方へ2mmより12mmまでとした。摘出標本は、凍結マイクロトームで厚さ50 μ m連続切片を作製した。その後、切片はMesulam TMB法にて反応させた。対比染色は、中性赤にて行い、明視野下および暗視野下にて観察した。10倍に拡大し、全ての切片をマッピングして分析した。尚、動眼神経核、AM核、EW核の模式図は、中脳水道を基準にして実際の位置を正確に測定し作成した。又、図1、2の各部位は前後3枚の切片を1枚の上に同時にプロットし示した。毛様神経節は、長軸に沿って切片を作成し、同様に反応させ検鏡した。

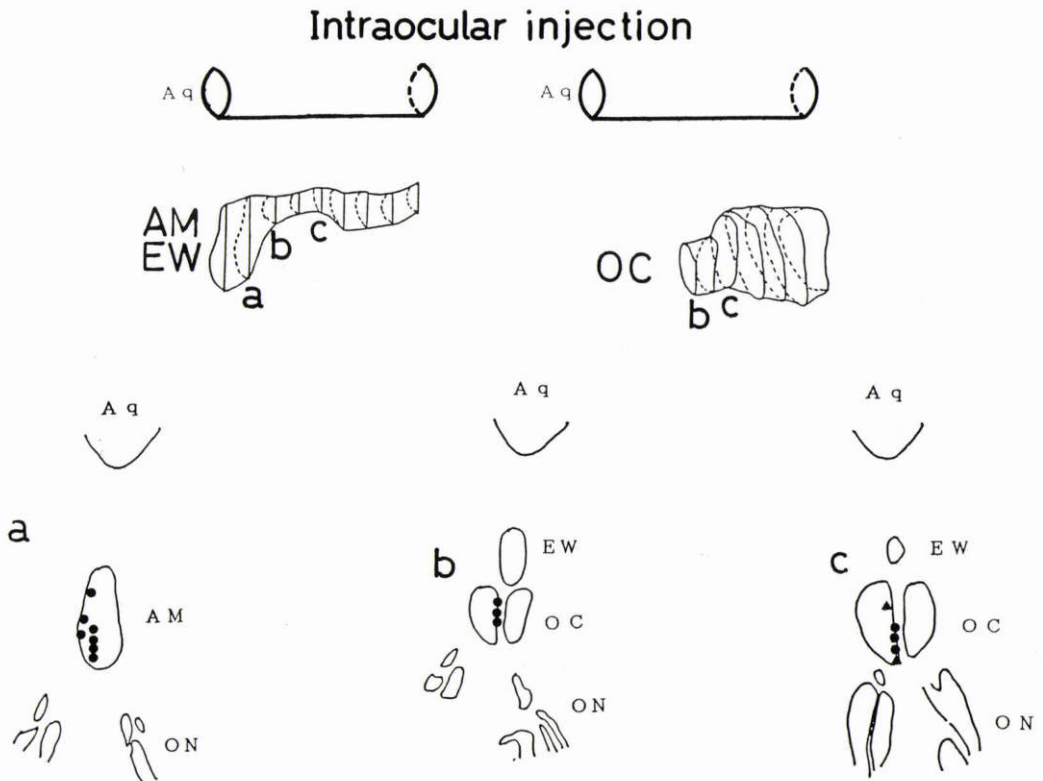


図1 眼球内 HRP 注入例の中脳標識細胞出現部位を示している。図中 a, b, c は、前後3枚の切片を合わせプロットした。図中上の AM, EW, OC は、中脳水道の最腹側を基準として正確に計測し作成した。

a, most rostral; C, most caudal; ●: spindle cell; ▲: polygonal cell; Aq, Aqueduct; AM, Anteromedian nucleus; EW, Edinger-Westphal nucleus; OC, Oculomotor complex; ON, Oculomotor nerve; VTA, Ventral tegmental area.

Postsynaptic injection

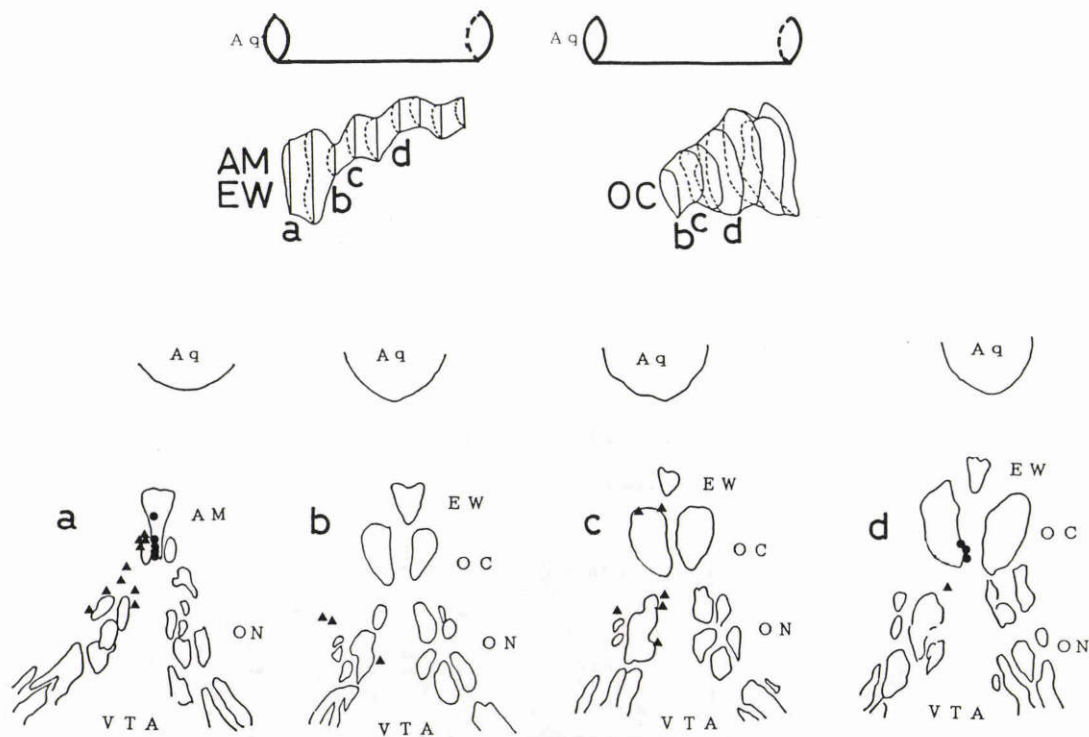


図2 毛様神経節後線維 HRP 注入例の中脳標識細胞出現部位を示している。図中 a, b, c; ●, ▲; Aq, AM, EW, OC, ON, VTA は、図1と同一表示。d, most caudal.

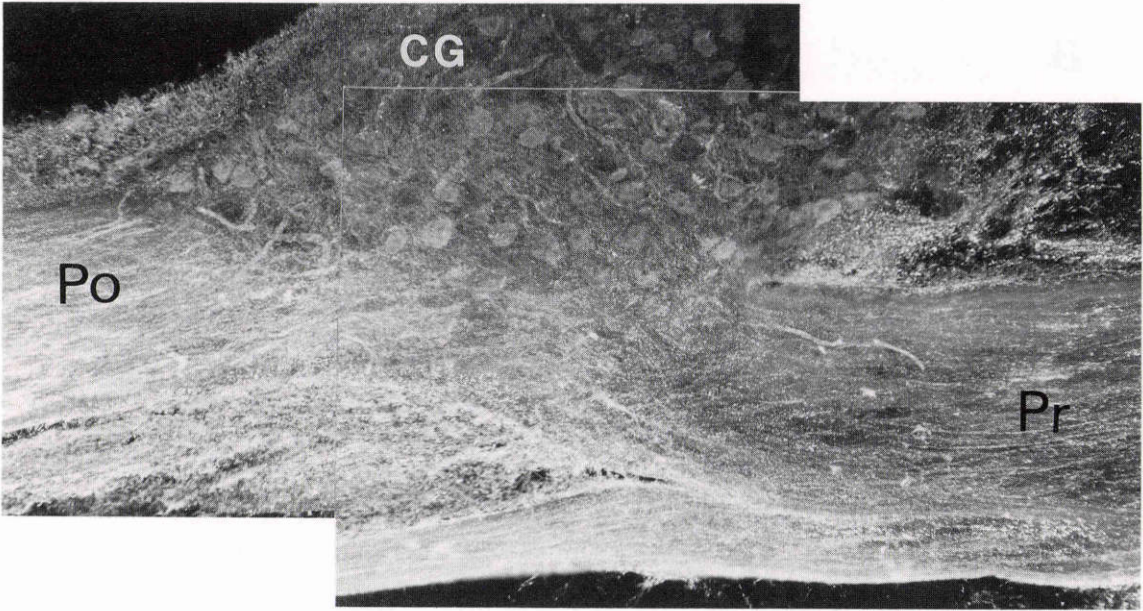


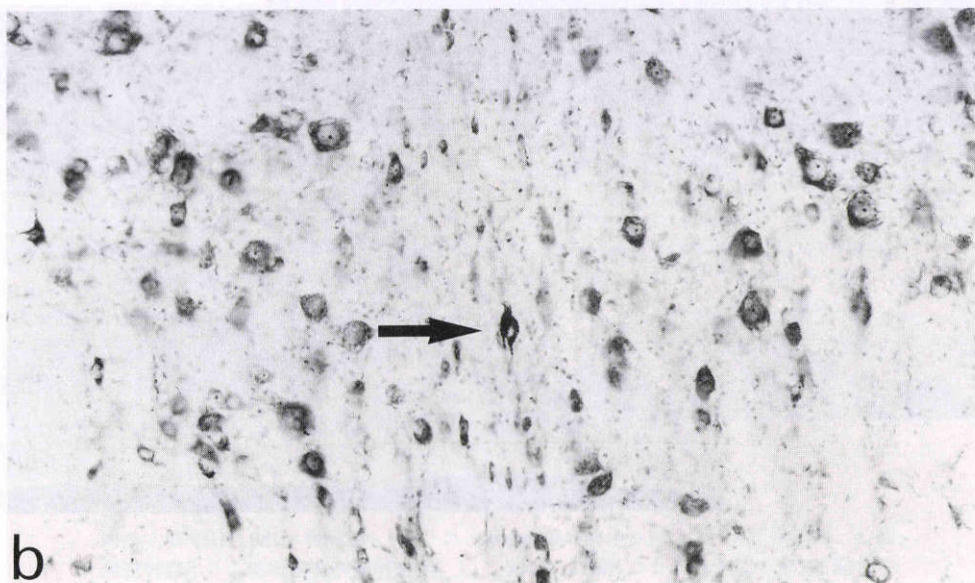
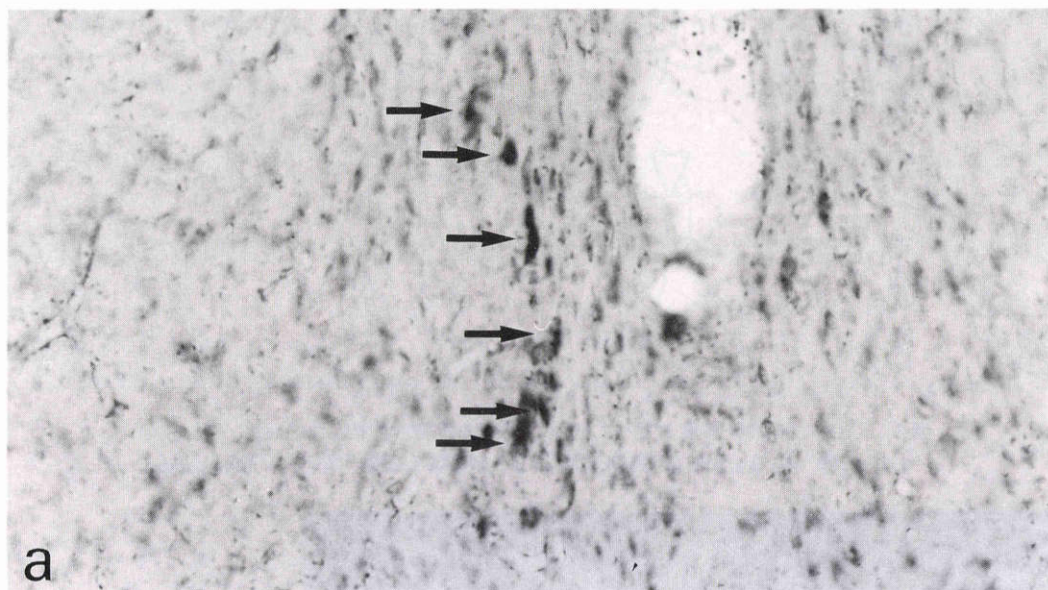
図3 眼球内 HRP 注入例の毛様神経節を示している。(暗視野×130) HRP が、毛様神経節の節細胞を明らかに標識している。又、毛様神経節後線維より毛様神経節節前線維に向い HRP が毛様神経節を介さず、直接流れているのが認められる。CG, Ciliary ganglion; Po, Postganglionic nerve; Pr, Preganglionic nerve.

III 結 果

実験1, 内眼筋(毛様体筋および虹彩筋)の注入例では, 毛様神経節細胞の大部分は, 標識されており, 眼球から HRP が直接その神経節細胞へ運ばれ, 一部は神経節細胞群の横の線維中に節前線維へ向かう HRP が, 中枢へ向かっている像が見られた(図3). 中脳のレベルでは, 図4に示す如く AM 核, 更に Perlia 核, EW 核に標識細胞を認めた. AM 核の細胞の形態は, 紡錘型(約 $15\mu\text{m}$)を呈していた. 動眼神経核本

体の間の正中部 Perlia 相当部位には紡錘形細胞(約 $15\mu\text{m}$)が認められた. ごく稀に, EW 核内にも頻度は少ないが紡錘型標識細胞を認めた. 以上のように主として正中部に集中してその局在がみられた. 腹側被蓋部(Ventral tegmental area=VTA)には, 標識細胞は認められなかった. 一方, HRP を前房内注入, 又毛様体を露出し直接 HRP を滴下した sham surgery の実験ネコでは, 中脳において, 標識細胞の出現が認められなかった.

実験2, 毛様神経節節後線維注入例では, 内眼筋注



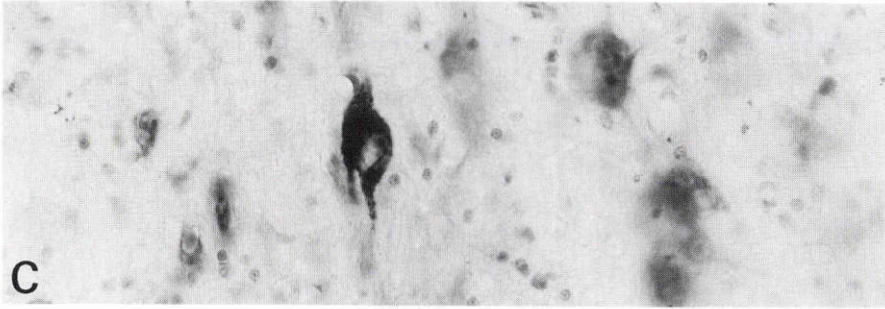
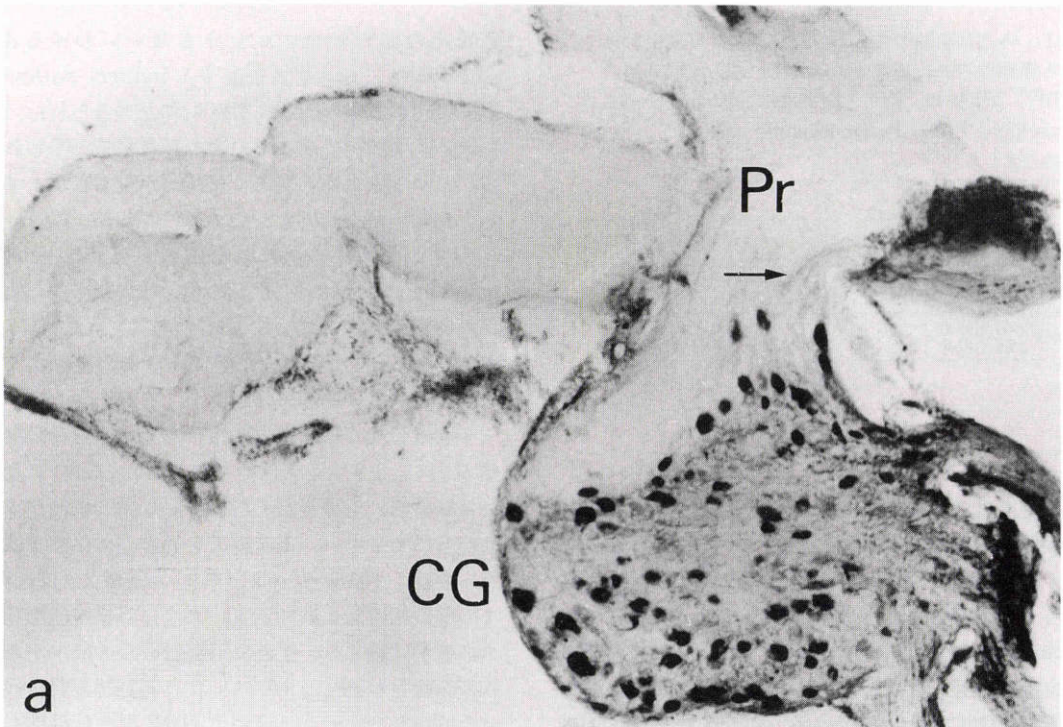


図4 眼球内 HRP 注入例の中脳の標識細胞を示している。(中性赤)a：矢印は、前中部核の紡錘型標識細胞(×160)，b：矢印は、動眼神経核群間の Perlia 相当部位の紡錘型標識細胞(×160)，c：bの拡大(×480)

入例とほとんど同様の主として正中部位に標識細胞を認めた。図5に示す如く、毛様神経節の標識細胞と、節前線維に向かう HRP の流れも認められた。これは、シナプスを介さない線維の存在を示す。図6に示すごとく実験2で新しく出現した部位としては、VTA に標識細胞が認められた事である。VTA における標識細胞は、多極形の形態を示しており、尾部になると数は減少していた。形態的には、多極細胞(約30 μ m)であり、運動ニューロン(約50 μ m)より小型であった。

実験3，毛様神経節自身への注入例では、中脳では、上記 AM 核、Perlia 核、EW 核一部、VTA と更に毛様神経節節後注入例では認められない中心灰白質に標識細胞が認められた。実験2および実験3の sham surgery すなわち毛様神経節近傍に HRP を滴下したネコにおいては、中脳において標識細胞が認められなかった。今回の結果をまとめて図7に示した。



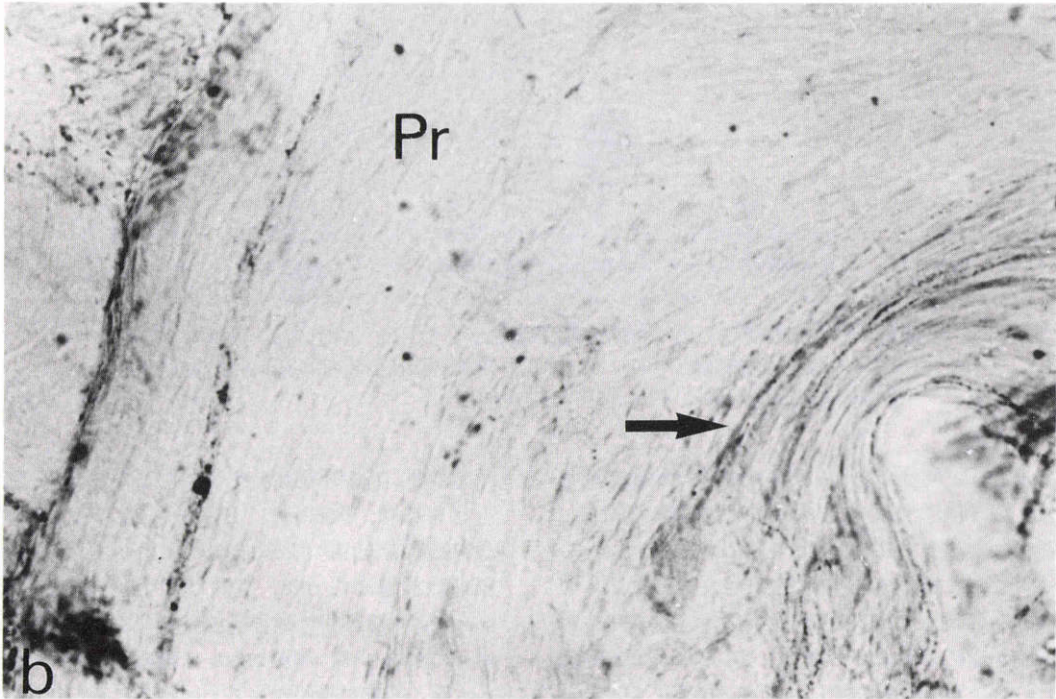


図5 毛様神経節節後線維 HRP 注入例を示している。a：毛様神経節(×90)，b：毛様神経節節前線維の HRP の流れを示している(×420) CG, Ciliary ganglion；Pr, Preganglionic nerve

表1 今回は実験の注入部位，注入量，中脳における標識細胞の出現部位を示している。図中 AM, EW, VTA は，図1と同一表示，Perlia, Perlia nucleus；PAG, Periaqueductal gray.

実験のまとめ

	注入部位	注 入 量	標識部位
実験1	毛 様 体	20 μ l～50 μ l	AM・EW・Perlia
実験2	節後線維	0.05 μ l～0.1 μ l	AM・EW・Perlia VTA
実験3	毛様体神経節自身	0.1 μ l～0.3 μ l	AM・EW・Perlia VTA・PAG

IV 考 按

本研究では，内眼筋を支配する副交感神経のうち中脳—眼球間で毛様神経節その他でシナプスを介さない direct pathway の存在がネコにおいて確認されたと考える。その理由として，第一に内眼筋（眼球内主に毛様体筋），第二に毛様神経節節後線維，第三に毛様神経節自身に HRP を注入し，毛様神経節細胞と中脳の標識細胞を同定した。その結果，中脳において毛様神

経節その他でシナプスを介さないいわゆる direct pathway と，シナプスを介する indirect pathway との間に起始細胞の局在に明らかに差がみられた。更に，眼球より毛様神経節までの間に存在すると言われていたいわゆる副毛様神経節の存在が示唆できた。すなわち，direct pathway については，AM 核，Perlia 核，又わずかに EW 核に起始細胞が見られた。Ineirect pathway については，上記の他，特異的に中心灰白質が起始細胞となっていることも観察された。VTA の起始細胞に関しては，いわゆる副毛様神経節にてシナプスを介していると思われた。

今回の研究では，過去に報告を見る毛様神経節に直接 HRP を注入する方法の他に，初めて眼球内(主として毛様体筋)，毛様神経節節後神経軸索へ直接注入する方法も併せて行い，その結果を特に対比させて検討した。実験1（眼球内主に毛様体）と実験2（節後線維）での標識細胞を比較すると，まず，毛様神経節細胞は大多数が標識され，更に，毛様神経節の標本から，神経節細胞とは別に，中枢に向かう神経線維群が観察されたばかりでなく，その中に HRP を含む線維も認め

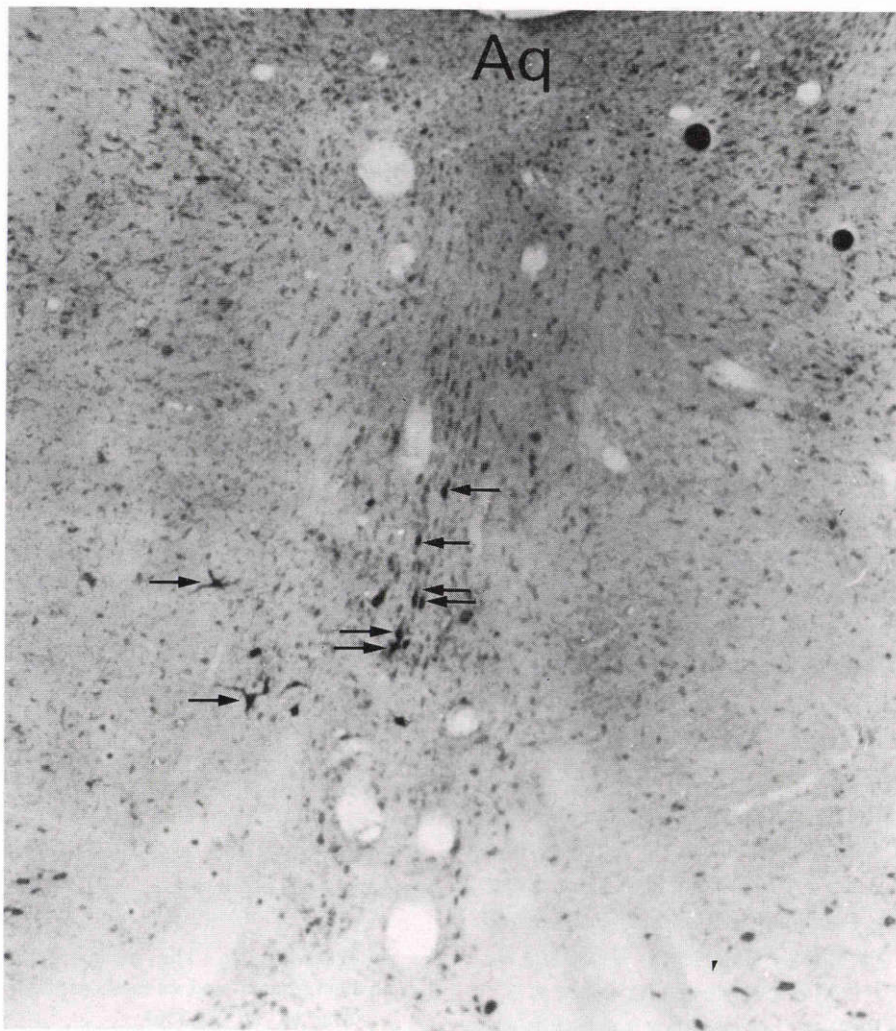


図6 節後線維 HRP 注入例の中脳の標識細胞を示している。(矢印)(中性赤×57)

られ, direct pathway の事実を確認した. 次に上記 2 つの実験の中脳レベルの検索では, AM 核, EW 核, Perlia 核に共通して標識細胞を認めたが, VTA においては, 毛様神経節節後線維注入例のみに標識細胞が認められた. その結果, 毛様神経節と眼球間にもう一つのシナプスを介する神経節が存在していることが推測され, これらはいわゆる副毛様神経節であろうと考えられた.

次に, 毛様神経節注入例の中脳標識細胞より, 内眼筋(眼球内主に毛様体)注入例および節後線維注入例の中脳標識細胞の部位を差し引いて考察すると, 毛様神経節でシナプスを介する特異的な起始細胞の局在部位を検討したところ, 中心灰白質が明らかとなった.

今回認められた AM 核, Perlia 核の紡錘型細胞は, 小径で短軸直径約 $15\mu\text{m}$ であり, Loewy⁷⁾, Toyoshima⁸⁾, Burde⁹⁾, Akert¹⁰⁾ の同定した内眼筋の支配神経細胞とほぼ一致する. 一方, VTA の標識細胞は, 細胞径がやや大で約 $30\mu\text{m}$ であり, Toyoshima⁸⁾ の記載した polygonal cell に対応しているかもしれない.

今回の研究結果について, その他に考察すべき点として, 次の 3 点が挙げられる. まず第 1 に, 常に問題となるのは, HRP の漏れによる取り込みである. 方法のところで述べたごとく, HRP の漏れは, 極力防止に努力した. 又, 繰り返しの実験で反応の再現性を注意深く検討した. 又, コントロールとして sham surgery

を行った実験では、いずれの場合も全く標識細胞がみられず漏れの取り込みによる標識は否定できる。また実験2については、HRPの注入量が $0.05\mu\text{l}$ ～ $0.1\mu\text{l}$ とごく微量を用いた点も考慮できる。第2に今回中脳でとらえられた反応部位が、眼内の知覚神経からのものではないかと疑問が生ずるが、知覚神経の大部分は毛様体筋、虹彩筋からの知覚枝であり、それも主として三叉神経節へ投射していると考えられ、従って知覚神経由来の可能性は少ない。第3に神経節に電気シナプスが介在していてHRPがそこを通過してきたとする可能性は、毛様神経節部の神経線維中に直接HRPの流れを確認できていることから考え難い、更に、HRP投与後の生存時間が24～48時間で、比較的短時間でありながら、いずれの細胞群も強い標識を得たことから、電気シナプスが介在するとは考え難い、また、ネコ毛様神経節の構築は通常の化学シナプスが主体であると報告されている¹¹⁾。

以上から、中脳の内眼筋支配ニューロンには、毛様神経節およびいわゆる副毛様神経節でシナプスを介するindirect pathwayとシナプスを介さないdirect pathwayの2つが存在することが、初めて明らかとなった。

この様なdirect pathwayは、Bernheimer¹²⁾やJampel¹³⁾により既に報告されており、Jeager⁽⁴⁾により初めてサルとウサギで形態学的に証明されたものである。最近では、Perelmanら¹⁴⁾もサルでその存在を報告しており、ウサギでは否定的である。今回の我々は、その存在をネコで初めて明らかにしたものである。Westheimer (1973)は、ニコチンをサル毛様体神経節に投与し、動眼神経核刺激を行うと、対光反応は消失するが、輻湊反応は保たれている事、又中脳ニューロンを電気刺激すると、調節は1000Hzまで応答する事、などの事実から、調節は毛様神経節でシナプスを介さず(direct pathway)、瞳孔はシナプスを介する(indirect pathway)との説を初めて提唱した。これらの生理学的事実を考慮すると、今回得られたAM核、EW核、Perlia核のニューロン群は、主として調節に関係し、中心灰白質、VTAのニューロン群は、瞳孔反応に関係する部位という事になる。

Sillitoら¹⁵⁾は、ネコの瞳孔反応とその中脳支配領域を電気生理的応答から検討し、中心灰白質及びVTAの電気刺激で、最大の縮瞳が得られる事を報告しており、今回の我々の同定した部位とよく一致する。又、彼の実験では、AM核、Perlia核の刺激でも、比較的

強い縮瞳がみられ、更に、この部位では、縮瞳と共に内転もみられている。これらの報告と今回の結果とを併せて考えると、近見反応に携わる部位と推定された。又、Ponsford¹⁶⁾、Slamovits¹⁷⁾、大野ら¹⁸⁾は、毛様神経節節前性の動眼神経麻痺において、早期からメタコリンに対して脱神経過敏反応が出現することを報告している。又、私共はいわゆる瞳孔緊張症において調節が瞳孔よりも早期から障害される事実をとらえ報告している¹⁹⁾。その理由として、direct pathwayの存在を仮定すると、この疾患の障害部位が説明しやすく、臨床的にも興味のあるところである。

脱稿後に口岩らの、「ネコの副毛様神経節ならびに短毛様神経中の散在性神経節細胞」が発表された。(日眼 92: 103—111, 1988)この所見は、今回の実験結果で示した副毛様神経節の存在の証拠とよく対応する。又、口岩らは、direct pathwayについてHRPの前房注入のみで取り込みをおこない、毛様神経節細胞のみの標識を示している。中脳での標識細胞は、見い出せていない。この事実は、今回の私共の実験からも明らかなごとく前房注入のみのsham surgeryでは、中脳標識細胞は見い出せてない事実とよく一致しており、虹彩のみからの取り込みでは中脳細胞が標識されないことを強く示唆している。私共は、毛様筋に着目して注入を行い、取り込みをはかった点で今回の標識が得られている。

稿を終えるにあたり、実験動物系中野健司教授以下技術員の諸兄に感謝申し上げます。

文 献

- 1) Warwick R: The ocular parasympathetic nerve supply and its mesencephalic sources. J Anat 88: 71—93, 1954.
- 2) Westheimer G, Blair SM: The parasympathetic pathways to internal eye muscles. Invest Ophthalmol 12: 193—197, 1973.
- 3) Ruskell GL, Griffiths T: Peripheral nerve pathway to the ciliary muscle. Exp Eye Res 28: 277—284, 1979.
- 4) Jeager RJ, Benevento JA: A horseradish peroxidase study of the innervation of internal structures of the eye. Invest Ophthalmol & Visual Sci 19: 575—583, 1980.
- 5) Tanemoto Y, Uga S, Yamamoto S, et al: Ocular innervation through ciliary ganglion and its clinical significance. 7th International Congress of Eye Research, Proceedings of ISER Vol 4: 11, September 25—October 1, 1986, Nagoya, Japan.
- 6) 種本康之, 宇賀茂三, 近藤佳夫他: 副交感神経系内眼筋支配についての形態学的研究(毛様体神経節

- でのシナプスの介在)第91回日本眼科学会抄録集, 116, 1987年.
- 7) **Loewy AD, Saper CB, Yamodis ND**: Reevaluation of the efferent projections of the Edinger-Westphal nucleus in the cat. *Brain Res* 141: 153—159, 1978.
- 8) **Toyoshima K, Kawana E, Sakai H, et al**: On the neuronal origin of the afferents to the ciliary ganglion in cat. *Brain Res* 185: 67—76, 1980.
- 9) **Burde RM, Parelman JJ, Luskin M**: Lack of unity of Edinger-Westphal nucleus projections to the ciliary ganglion and spinal cord: A double labeling approach. *Brain Res* 249: 379—383, 1982.
- 10) **Akert K, Glicksman MA, Lang W, et al**: The Edinger-Westphal nucleus in the monkey. A retrograde tracer study. *Brain Res* 184: 491—498, 1980.
- 11) 戸張幾夫: 毛様神経節の電子顕微鏡的研究, 成熟猫の毛様神経節の神経終末の微細構造. *日眼* 75: 739—747, 1971.
- 12) **Bernheimer S**: Die Wurzelgebiete der Augennerven, ihre Verbindungen und ihr Anschluss an die Gehirinde. In *Graefe-Saemisch Handbuch der Gesamten Augenheilkunde*, 1900. pt. 1, vol. 1, p. 58.
- 13) **Jampel RS, Mindel J**: The nucleus for accommodation in the midbrain of the macaque. *Invest Ophthalmol* 6: 40—50, 1967.
- 14) **Parelman JJ, Fay MT, Burde RM**: Confirmatory evidence for a direct parasympathetic pathway to internal eye structures. *Tr Am Ophth Soc* 32: 371—380, 1984.
- 15) **Sillito AM, Zbrozyna AW**: The localization of pupilloconstrictor function within the midbrain of the cat. *J Physiol* 211: 461—477, 1970.
- 16) **Ponsford JR, Bannister R, Paul EA**: Methacholine pupillary responses in third nerve palsy and Adie's syndrome. *Brain* 105: 583—597, 1982.
- 17) **Slamovits TL, Miller NR, Burde RM**: Intracranial oculomotor nerves palsy with anisocoria and pupillary parasympathetic hypersensitivity. *Am J Ophthalmol* 104: 401—406, 1987.
- 18) 大野新治, 向野和雄: 動脈神経麻痺の経過中にみられた瞳孔の異常連合運動について. *臨眼* 27: 229—239, 1973.
- 19) 種本康之: Adie 症候群, 広範囲症候群. *日本臨床*, 45: 157—158, 春季臨時増刊号, 1987.