

ネコ視床の内側下核と内側腹側核の皮質投射に関する実験解剖学的研究

岡山大学医学部第三解剖学教室（指導：新見教授）

岡 田 康 孝

（昭和56年4月23日受稿）

Key words: Thalamic nuclei
Submedial nucleus
Medial ventral nucleus
Cortical projections
Cat

緒 言

視床の内側下核 Nucleus submedialis と内側腹側核 Nucleus ventralis medialis は前腹側核および外側腹側核の腹内側にある核で、下等哺乳類では発育が良く、ネコでもかなり発育が良いが、霊長類、ことにヒトでは退化的である。従来多くの研究者は内側下核と内側腹側核を明らかに区別しているが (Rioch³², Atlas and Ingram¹¹, Jimenez-Castellanos¹⁷, Jasper and Ajmone-Marsan¹⁶, Niimi and Kuwahara²⁴)、一部の人はこれら両核を区別せずに単に内側腹側核または内側下核と呼んでいる (Gurdjian¹², Clark⁶, Sheps³⁶)。

従来、内側下核と内側腹側核の求心路および遠心路に関しては十分明らかでなく、詳しい研究がなかった。大脳皮質外側面の広汎な破壊例では内側下核と内側腹側核は著明な萎縮をきたさないが、弱い逆行性変性を示すと言われてきた (Papez³¹, 新見²²)。Leonard¹⁹ は初めてネズミの内側腹側核の傷が前頭葉皮質の第1層に大部分限局した終末変性をつくることを認めた。さらに Krettek and Price¹⁸ はオートラジオグラフィ法を用いてほとんど同じような皮質投射の型式を記載したが、皮質における投射の全領域および第1層における終止の特殊性を明らかにできなかった。Herkenham¹⁵ はネズミでこのような投射は以前に記載されたものよりもずっと広汎で、大脳外套のほとんど全域に広がり、全皮質、ことに前頭葉の第1層の表在

部に大部分向かっていると記載している。一方ネコでは Niimi et al.²⁷ が内側下核および内側腹側核を Nauta 法および HRP 法で研究し、これらの視床核は前頭皮質にほぼ限局して投射し、しかも局在的に投射することを証明し、さらにこのことを HRP 法で確認している。

著者はこの研究で Niimi et al.²⁸ の予報的報告をさらに詳しく追求するために、ネコの内側下核および内側腹側核にできるだけ限局した定位的な傷をつくり、それによって生ずる終末変性を Nauta and Gyax²¹ および Fink and Heimer¹¹ の鍍銀法を用いて追求し、これらの核の皮質投射の局在性および皮質内分布を詳しく研究した。

材 料 と 方 法

この研究には21匹の健康な成熟したネコを用いたが、このうち傷が内側下核と内側腹側核に比較的限局した、染色条件の良い7例を記載した。ケタラール麻酔のもとに Horsley-Clarke の定位的手術装置 (David Kopf 製) の助けをかりて、左側の内側下核および内側腹側核の各部を電氣的に破壊した。脳梁の影響を除くために電極を反対側 (右側) の大脳半球を通して斜めに挿入し、左側の視床の内側下核または内側腹側核に達した。電極の水平面に対する角度はほぼ 15°~20° であった。傷は 2 mA の直流を 15~20 秒通電してつくった。手術後 6~7 日間生存のち、過量のケタラールで麻酔し、さらに 10% 中性フォルマリン液で灌流して殺した。ついで

脳を頭蓋腔から摘出し、10%ホルマリンで固定した。5日後これらの脳を約10mmの厚さに横断して粗大ブロックとした。脳を粗大ブロックに切る前およびその後で脳の外側表面および横断面を写真に撮影した。さらに脳を10%ホルマリン液で1か月間固定したのち、氷結マイクロームで厚さ40 μ の横断連続切片を作製した。その切片のうち、4枚に1枚の切片を Nauta-Gygax 法または Fink-Heimer 法で鍍銀した。なお視床における傷を含むレベルにおける他の4枚に1枚の切片を0.25%クレシール・バイオレット液で染め、傷の位置と広がりを決めるのに用いた。なお対照標本として電極を前述の実験例のように内側下核または内側腹側核に挿入したのち、電流を通さずに処理した2例をつくり、Nauta-Gygax 法で鍍銀した。視床における傷の位置と広がりにはクレシール・バイオレット染色横断標本から描いた。またすべての電極の通過経路を組織学的に検査し、通過線維による変性所見への影響を検討した。

内側下核および内側腹側核の皮質投射の検索には万能投影機（日本光学）を用い、8枚おきの鍍銀切片を10倍に拡大した像を白紙にとり、その上に顕微鏡によって認められた変性終末の分布を記入した。特に皮質における終末の存在する部位はその密度によって3段階（強、中等度、弱）に分ち、それらをもとにしてグラフ式復元図を作製した。

定位手術装置で傷をつくるためには Jasper and Ajmone-Marsan¹⁶⁾ のネコの脳図譜を用いたが、視床核の分類、ことに内側下核と内側腹側核の区別などは Niimi and Kuwahara²⁴⁾ のネコの視床の細胞構築学的研究に従った。またネコの大脳皮質の細胞構築学的区分は Brodmann³⁾, Gurewitsch und Chatschaturian¹³⁾ および Rose and Woolsey³⁴⁾ に従った。

所 見

I. 視床内側下核と内側腹側核の細胞構築

内側下核は中心傍核の腹側に紡錘形の細胞集団として認められ、前部では内側前核の腹外側で内側腹側核の背側にあり、後方に増大して内髓板の腹側に密接した半月形の細胞集団をつく

り、外側と背外側は外側腹側核の接している。後内側腹側核の出現とともに、それによってしだいに置き換えられ、内側腹側核の後端の少し前方の高さで消失する。その細胞は多角形または卵円形で、中等度に染まり、内側腹側核の外側部の細胞よりもやや小さい。

内側腹側核は前方は前腹側核とほとんど同時に出現し、結合核の背外側に位置する。後方にこの核は外側方に広がり、内側下核の腹側ならびに腹外側部を取り囲むようになり、背外側は外側腹側核と接する。この核は前核群の後部の高さで最も発育が良く、外側ないし背外側は後内側腹側核と直接に接する。内側腹側核は後方にしだいに縮小し、後内側腹側核のほぼ中央の高さで消失する。内側腹側核の内側部は小さい外角形のやや淡染した、びまん性に配列した細胞からなるが、外側部はより大きい、丸味をおびた多角形の、より濃染した細胞からなるが、後方ではその細胞はやや小さくなる。

II. 各実験例の記載

Cat 8

この例では傷が大部分内側下核の前部の腹内側半にあるが、傷の周辺部は内側腹側核に広がっている。電極は反対側（右側）の大脳半球を斜めに通過し、正中線では菱形核を貫き、さらに左側の内側前核の腹内側部を通過して内側下核および内側腹側核に達している。電極の刺入角度は水平面に対して約18°であり、脳梁を傷つけていない。

内側下核および内側腹側核の傷から出た変性線維は周囲に放散し、とくにこれらの核のほか、内側前核に多数の変性終末が見られる。大脳皮質に向かう線維は主として前腹外側方に走り、尾状核頭の腹側部の外側縁とこれに接した内包の前脚の部分を通して腹内側方に向かい、対角帯を通して前頭前野の皮質に向かい、一部の線維は前背側方に走り、前頭葉の内側面皮質に向かい、他は外側方に放散して、舟状回の外側面の後端部に達し、それぞれ舟状回の内側面および外側面の皮質に分布する。

舟状回の外側面皮質における終末変性の分布範囲はほとんどその前端部を除く舟状回の全域に広がる。シルビウス前溝の内側壁皮質ではほ

とんど変性は見られない。外側面皮質の腹側端部では多少変性が強く、この変性域は内側面皮質におけるやや強い変性域に続いている。

内側面皮質では前頭前野の後背側部を除く大部分の皮質に散在性的変性が認められるが、背側の分野6には波及していない。Gurewitsch und Chatschaturian¹³⁾の分野32の後背側部には変性が見られない。なお内側面皮質では軽い変性域が後腹側方にやや強く延び、前辺縁野の腹側部に広がっている。これは内側前核の電極通過による破壊の影響と考えられる。内側面皮質の腹側端部には多少広いやや強い変性域が見られ、これが前述の外側面皮質のやや強い変性域と続くことは上述の通りである。

前頭前野皮質における変性終末の分布は背内側核破壊例とよく似た像を示し、第2層を除く全層に見られるが、第4層および第3層の深層ならびに第1層の表層に強い終末変性が見られる。この第1層への線維は第2層を通過して達するものと、集中的に束をなして第1層に入り込み、そこから第1層に広がる2つの型式がある。従来ネズミではほとんど第1層の表層のみに特異的に変性終末の分布があるように言われているが、ネコでは背内側核の破壊例とほとんど大差なく、第1層のほかに第3層と第4層に多数の変性線維分布が見られることが注目される。

Cat 7

この例では傷は前の例とほぼ同様、左側の内側下核の腹内側部とその腹側周辺における内側腹側核の部分にあり、さらに内側前核の腹側端部を傷つけている。この例では傷のある高さは前の例よりもやや前方にかたより、傷が多少大きい。電極の刺入角度は水平面に対して約20°で、脳梁はこの例においても全く傷つけられていない。

前頭前野における変性終末の分布は前の例とほとんど原則的には大差がない。しかし外側面皮質ではその変性終末の分布範囲が前の例よりもやや狭い。内側面皮質では変性域はほとんど前の例と大差がないが、やや強い変性域はこの例の方が範囲が広く、かなり強く背側方に広がることが注目される。すなわち外側面皮質では軽い変性域は主として舟状回の中央部に見られ、その前背側端部ならびに後端部では変性が認められない。シルビウス前溝の内側壁への変性の波及は前の例と同様あまり見られない。この例でも舟状回の腹側部にやや強い変性が見られ、これが内側面皮質におけるやや強い変性域に続いている。

内側面皮質では前の例とほぼ同様、Gurewitsch und Chatschaturian¹³⁾の分野8と32の前腹側部に限局して変性域が見られ、後方は一部前

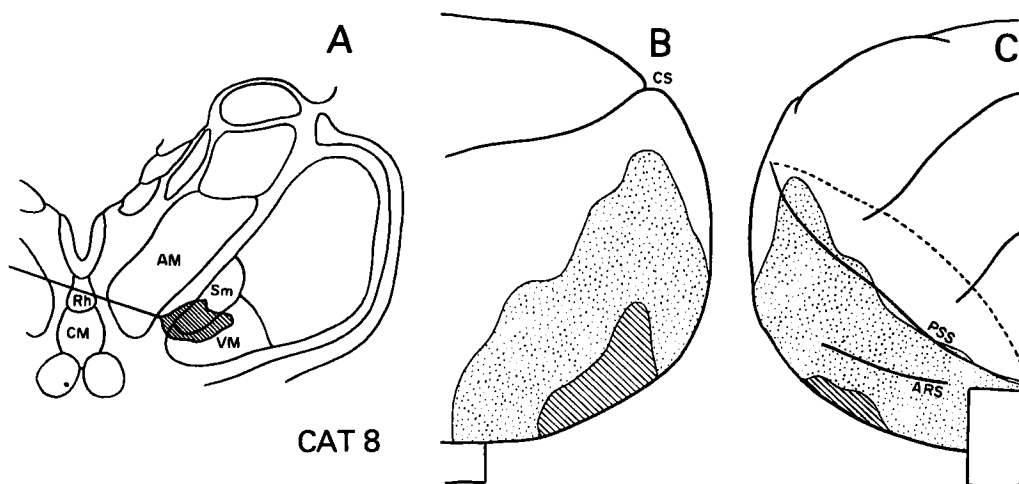


図1 Cat 8 視床の内側下核および内側腹側核の横断面における傷の位置と広がり(A), および大脳半球部の内側面(B)と外側面(C)における皮質変性の分布を示す。Aにおいて斜線の部分は傷の範囲を示し、実線は電極の刺入方向を示す。B, Cにおいて黒は強い変性、斜線は中等度の変性、点は弱い変性を示す。Cにおける破線はシルビウス前溝の底を示す。

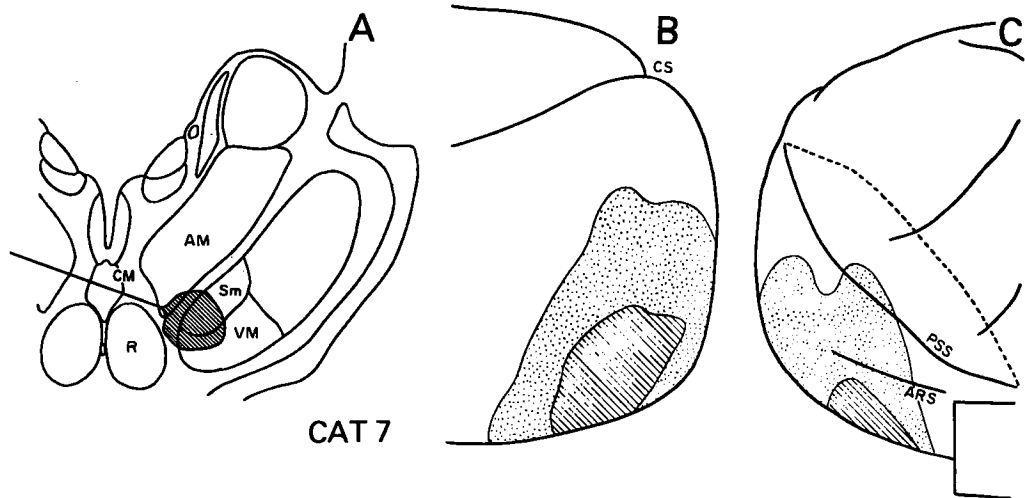


図2 Cat 7 における内側下核と内側腹側核の傷(A)と前頭葉内側面(B)および外側面(C)における皮質変性を示す。

辺縁野に波及している。これは内側前核の腹側端へ傷が広がったためと思われる。この例においても変性は十字溝の腹側における分野6へは広がっていない。内側面皮質におけるやや強い変性域は前の例とほぼ同様に内側面皮質の腹側部にあるが、前の例よりもやや強く背側方に広がっている。このようにやや強い変性域が内側面皮質で範囲が広いことは、この例では内側下核の破壊が比較的大きいことと関連があるように思われる。

Cat 16

この例では内側下核の前部でその内側部が主として傷害されている。内側腹側核への波及は少なく、その背内側部が多少傷に含まれている程度である。この例では電極が水平面に対してほぼ 20° の角度で斜めに挿入され、左側の内側前核の背外側部と腹内側部の境界部を貫いて内側下核に達している。内側前核の腹外側の部分はやや大きく傷害され、内側下核における傷に包含されている。すなわち内側前核の傷害部はその背外側部と背内側部の境界部の腹外側の部分で両部を傷つけている。

皮質における変性線維の分布は前の2例と原則的に大差がない。すなわち前頭前野の外側面皮質では軽い変性は舟状回のほとんど全域に広がっているが、その前端部および後端部には変性が見られない。舟状回における変性域はシルビウス前溝を越えてその内側壁に及んでいるが、

その底に達していない。外側面皮質では変性は一般にびまん性、散在性で、特に焦点と呼ばれるべき強い限局性の変性域は認められない。

前頭前野の内側面皮質では、そのほとんど全域に変性が広がるが、この例でも分野6への変性の波及はない。なお Gurewitsch und Chatschaturian¹³⁾ の分野8の中央部と分野32の境界部(大部分分野32に限局)にやや強い変性域が認められる。この例ではやや強い変性域が内側面皮質に限局し、しかも前の例よりも背側方にかたよって存在するのが特徴的である。なおこの例で注目すべきことは、軽い皮質変性が内側面皮質の後方に強く広がり、前辺縁野の後端部を除くほとんど大部分に広がっていることである。なおこの例では前の例で見られた前辺縁野の下端部における変性が少ないことが特異である。このような前辺縁野における広範な皮質変性は電極の内側前核内の通過ならびに内側前核への傷の波及に帰因するものと思われる。しかもこの例では内側前核における電極の通過ならびに傷が前の例よりも背側にかたより、内側前核の腹内側部のみならず背外側部をも傷害していることが前辺縁野における変性域の後方ないし後背外方への広がりとして直接関連しているものと思われる。

Cat 5

この例における傷は内側下核の前部に見られる。電極は右側の大脳半球を通過して斜めにほ

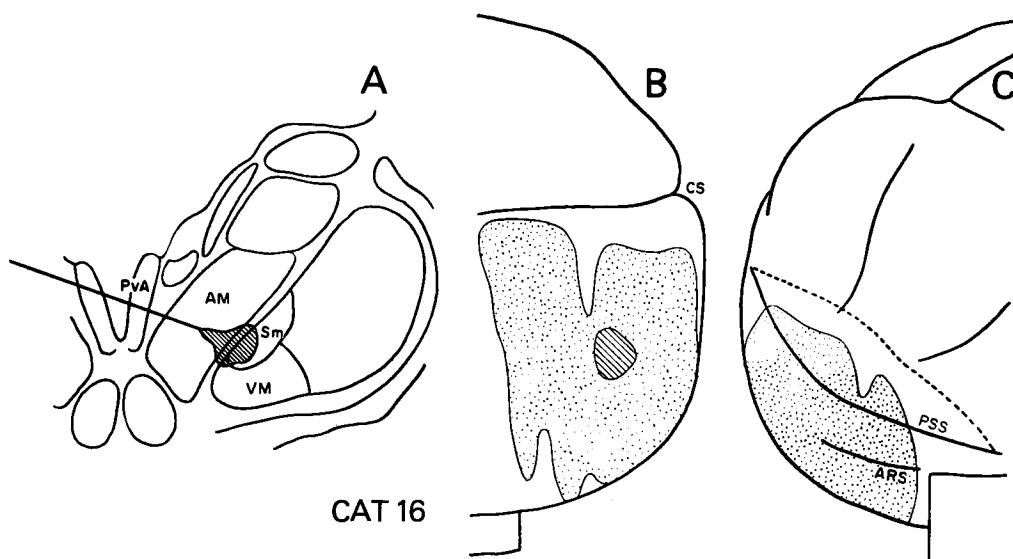


図3 Cat 16における内側下核と内側腹側核の傷(A)と前頭葉内側面(B)および外側面(C)における皮質変性を示す。

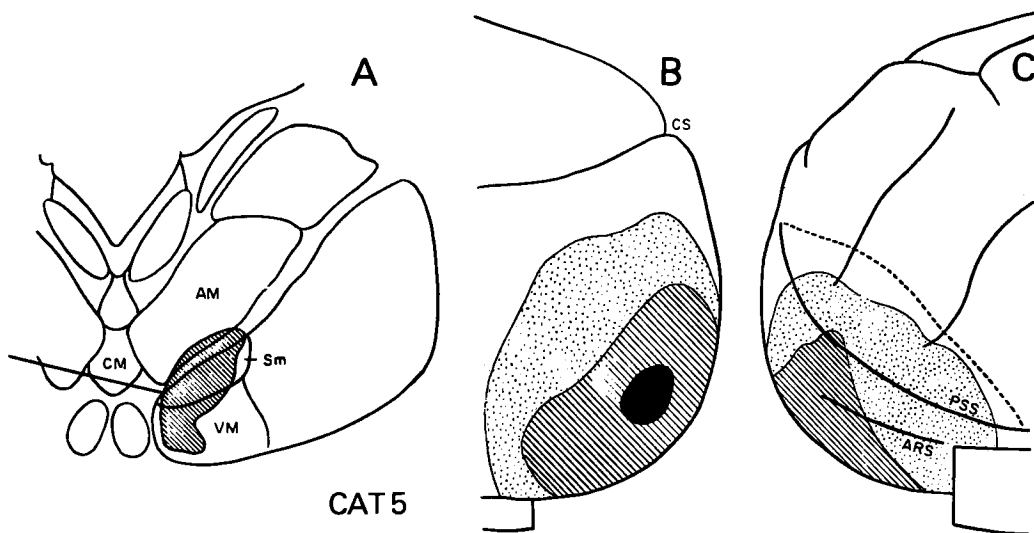


図4 Cat 5における内側下核と内側腹側核の傷(A)と前頭葉内側面(B)および外側面(C)における皮質変性を示す。

は 15° の角度で挿入されて左側の内側下核に達している。この例では途中で、内側中心核の腹側部が電極によって貫かれているが、内側前核は貫かれていない。内側下核はその前部の高さで外側端を除いて大部分傷害されている。この例では傷は強く腹側方に延び、内側腹側核の内側部を強く傷つけている。また内側前核の腹内側部の腹外側縁を傷害している。これよりやや

後方の高さでは傷は全体として内側方にかたより、内側中心核、中心傍核の内側端部および背内側核の前部の腹内側端部などを傷つけている。しかしこの傷は内側下核および内側腹側核の後半の高さまでは達していない。

本例における皮質変性はかなり強く、しかも広汎である。これはこの例の傷が内側下核のみならず内側腹側核、内側前核などに強く広がっ

ているためと思われる。外側面皮質では変性は前頭前野のほとんど全域に及んでおり、シルビウス前溝の内側壁にもひろく広がっているが、その底までには達していない。変性を欠く部分は舟状回の前端およびシルビウス前溝の内側壁の背内側端部のみである。皮質変性は一般に軽度であるが、舟状回の前腹側部ではやや強い変性が認められる。この変性域は Cat 7 および Cat 8 などにおけるよりも強く前背側に広がっており、一部はシルビウス前溝の内側壁にまで達している。

内側面皮質では変性は特に強く、その変性域は内側前頭前野の全域に及び、さらに一部前辺縁野の前腹側部に広がっている。やや強い変性域は内側面皮質の前腹側部、主として Gurewitsch und Chatschaturian¹³⁾ の分野8の大部分ならびにこれに接した分野32の小部分に広がっており、特にこの領域の中心部では皮質変性が強い。本例における内側前核への傷の波及の影響は主として前辺縁野の腹側部における変性と考えられるが、背内側核の前部の腹内側部への傷の波及の影響については簡単に判定しがたい。また内側腹側核への傷の強い波及は外側面皮質におけるやや強い変性域が強く背外側に広がっていることと関連しているものと考えられる。一般に背内側核の腹側部ないし腹内側部の皮質投射域は主として舟状回の中央部と考えられているが、この点においてもこの例では明確に副損傷の分析をすることは困難である。本例における内側面皮質における強い変性域(分野8)は主として内側下核の広範な破壊によるものと考えられる。

Cat 13

本例における傷は内側下核と内側腹側核の前部における境界部に見られる。背内側核の前端部の高さでは傷は最大の大きさを示し、この高さでは内側下核と内側腹側核はほぼ同じくらい傷害されている。電極は右側の脳半球を通して斜めに挿入され(水平面に対してほぼ20°)、左側の内側下核および内側腹側核に達している。途中の電極針は正中部で内側中心核を通過しているが、他の核にはほとんど電極針の通過は見られない。なお内側下核と内側腹側核の傷の広

がり詳しく見ると、傷は内側下核の前部の腹内側端部にあり、さらにそれに隣接した内側腹側核の部分をやや広く傷つけている。内側下核における傷よりも内側腹側核における傷の方がかなり大きい。

外側面皮質における変性は前の数例におけるよりもかなり強い。すなわち変性域は外側前頭前野のほとんど全域、すなわち舟状回とそれに続くシルビウス前溝の内側壁に広がっている。変性を欠く部分は舟状回の前端、シルビウス前溝内側壁の底に近い一部および舟状回の後端のみである。なおこの例で特異なことは、やや強い変性域がかなり広範囲に見られる。すなわち外側前頭前野皮質の中央部に見られ、シルビウス前溝の内側壁の前腹側部および舟状回中央部から舟状回の前下縁に及び、この変性域はさらに内側面皮質のやや強い変性域に続いている。この外側面皮質の中央部の強い変性域の中央では特に変性が強く、この領域はシルビウス前溝と前嗅溝の間の部分、すなわち舟状回の露出部の中央部に相当する。

内側面皮質では変性は一般に軽く、変性域は分野8とそれに接した分野32と分野12の部分に見られる。本例では前辺縁野への波及はその腹側前端部にごくわずかにある以外はほとんどない。やや強い変性は前頭葉の前下縁に接した小部分に認められるのみである。この例では分野6への変性の波及はほとんどない。本例で特徴的なことは、外側面皮質に変性が強いことで、これは傷が内側下核よりも内側腹側核に強く広がっていることによるものと思われる。

Cat 14

この例における傷は主として内側腹側核の前後径における中央部の高さで、内側腹側核の腹内側部に傷が見られる。電極針は前の例と同様に右側の脳半球を通して水平に近い斜め方向に挿入され、その刺入角度は水平面に対してほぼ18°である。電極針は左側の結合核を通過して内側腹側核に達している。内側下核への波及は全く見られない。またその他の視床核への波及も認められない。

本例における皮質変性の型式は前の例(Cat 13)と非常によく似ている。すなわち外側面皮

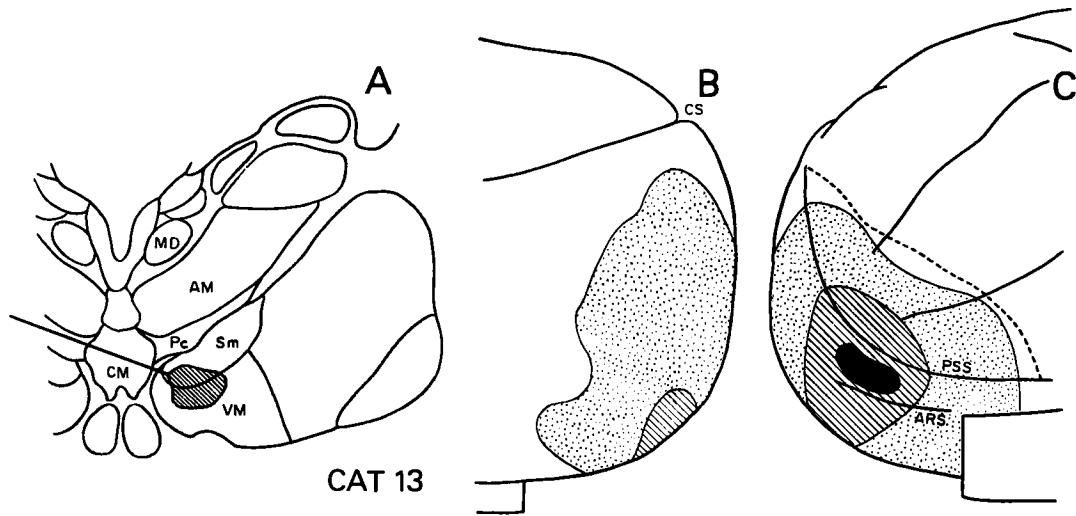


図5 Cat 13における内側下核と内側腹側核の傷(A)と前頭葉内側面(B)および外側面(C)における皮質変性を示す。

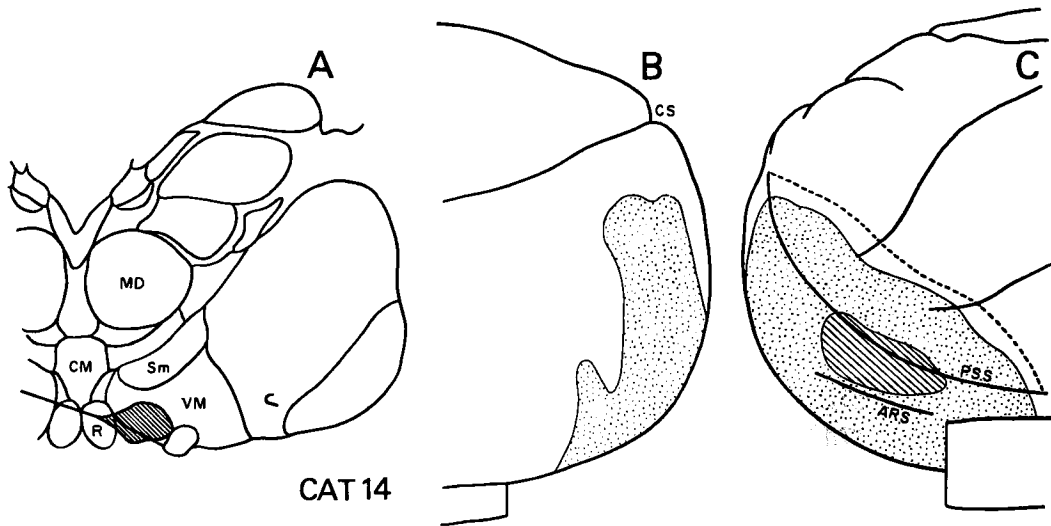


図6 Cat 14における内側腹側核の傷(A)と前頭葉内側面(B)および外側面(C)における皮質変性を示す。

質では変性域は舟状回的前端および後端を除く大部分ならびにシルビウス前溝の内側壁の大部分(底の近くを除く)に広がっている。やや強い変性域は舟状回の中央部でシルビウス前溝と前嗅溝との間の部分, すなわち舟状回の露出部に見られ, 一部はシルビウス前溝の内側壁に及んでいるが, 前の例のような強い変性域は見られない。この例では外側面皮質におけるやや強い変性域は前の例(Cat 13)よりも後方に見ら

れることが注目される。これはおそらく内側腹側核における傷が前の例よりも後方, すなわち内側腹側核の中央部にあることによると思われる。

内側面皮質では変性が特に軽く, 弱い変性域はほとんど分野8に限局しており, その変性域の背側端のみが多少分野32に波及している。分野6には変性は見られない。また前辺縁野にも変性はほとんど認められない。内側面皮質における変性はびまん性, 散在性で, 焦点というべ

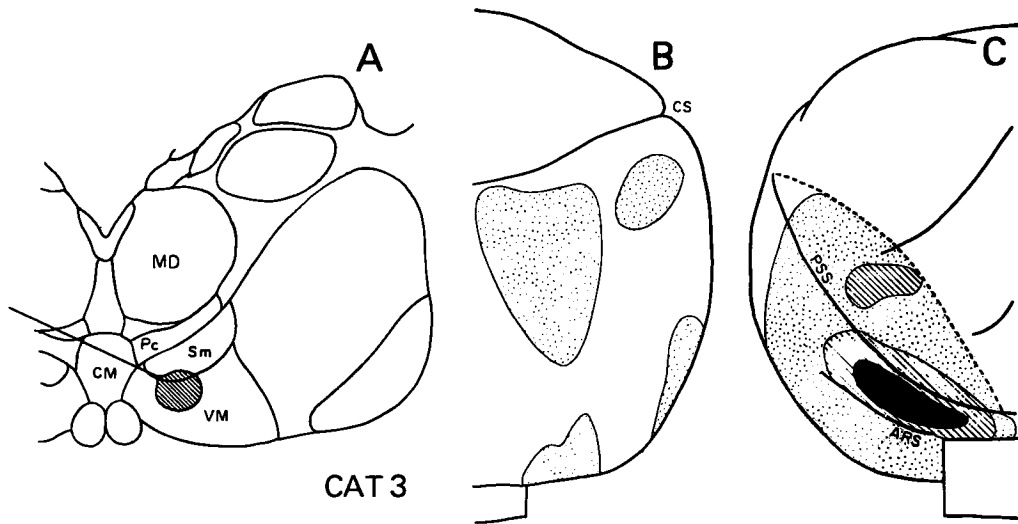


図7 Cat 3における内側下核と内側腹側核の傷(A)と前頭葉内側面(B)および外側面(C)における皮質変性を示す。

き強い変性域は見られない。

Cat 3

この例における傷はほぼ内側腹側核の後部に限局し、一部はそれに接した内側下核を多少傷つけている。電極針は水平面に対して約 25° の角度で斜めに挿入され、左側の内側腹側核に達している。途中電極針は正中部で内側中心核を通過するが、背内側核または内側前核の通過は認められない。

皮質変性は外側前頭前野の前端を除く全域に見られる。特に変性はシルビウス前溝の内側壁のほとんど全域をおおい、しかもその溝の底にまで達しているのが注目される。しかし変性はその溝の外側壁までは広がらない。なお変性は外側前頭前野の後端まで認められる。変性は大部分は散在性、びまん性であるが、舟状回の露出部の後半およびそれに接したシルビウス前溝内側壁の部分では変性がやや強く、舟状回の露出部では特に変性が強い。なおこの強い変性域は前嗅溝を越えて腹側方に広がらないのが特徴的である。なおやや強い変性がシルビウス前溝の内側壁のほぼ中央部に限局性に認められる。この例における外側面皮質に見られる変性で特徴的なことは、強い変性域が舟状回後部の露出部に見られることで、この強い変性域は Cat 13 および Cat 14 におけるよりもさらに後方に認められることが注目される。

内側面皮質では変性は非常に弱く、軽い変性域は内側前頭前野の前腹側端部、前背側部、すなわち分野6のすぐ腹側の部分および内側前頭前野の後背側部(分野32)から一部前辺縁野に広がった部分ならびに内側前頭前野の後腹側部に断片的に見られる。しかもこの例では分野8の大部分では変性がほとんどないことが注目される。また分野6への変性域の広がりがほとんど見られないが、一部前辺縁野への波及が見られる。本例では傷が内側前核への波及が見られず、また電極針の通過もないので、軽い変性が一部前辺縁野へ波及している意義については、ただちに解答を与えがたい。本例において最も強い変性が外側面皮質、特に舟状回の露出部の後部に認められることは、本例における傷が大部分内側腹側核に限局し、しかもその後部に傷があることによるものと考えられる。

考 接

内側下核および内側腹側核は従来視床核のうちでは最も注意の払われなかった核で、その求心地および遠心路に関して比較的最近まではほとんど不明であった。Cole et al⁹⁾以来、これらの核は黒質、ことにその網様部から線維を受けることがしだいに明らかになった。また以前から内側下核と内側腹側核は大脳半球の広範な外側面剝離で軽い変性を来たすことか

ら大脳皮質への投射が考えられていたが (Papez³¹, 新見²²), ネズミでは Leonard¹⁹, Krettek and Price¹⁸, Herkenham¹⁵ らが大脳皮質, ことに前頭葉の第1層への投射を証明し, 一方ネコでは Niimi et al.²⁸がこれらの核が前頭葉皮質に投射し, しかも第1層のみならず, 第4層および第3層にも投射することを示唆した。

著者の実験では内側下核ないし内側腹側核に傷がつくられると, それによって引き起こされる軸索変性はすべて前頭前野に向かい, その変性終末は前頭前野皮質の非常に広い領域に分布することが明らかにされた。主として傷が内側下核につくられると, 軽い皮質変性は前頭前野のほとんど全域に広がるが, 強い変性は主として内側面皮質と外側面皮質腹側部に限局性に見られる (Cats 8, 7, 16, 5)。これに反して傷が主として内側腹側核につくられると, 軽いびまん性変性がやはり前頭前野皮質のほとんど全域に広がるが, 強い変性は主として外側面皮質背側部 (シルビウス前溝内側壁を含む) に限局性に見られる (Cats 13, 14)。傷が内側下核と内側腹側核の両方に広がると, 皮質変性は前頭前野の全域におけるびまん性変性のほか, 強い変性域は内側面および外側面の両方にまたがって限局性に見られる。著者の実験した各例において強い皮質変性域の位置は以上のように視床核における傷の部位によって変動するが, さらに精密な局在性については明言しがたい。しかし外側面皮質への強い投射については多少前後の方向に局在性があることが示唆される。すなわち内側腹側核を主として侵した例 (Cats 3, 13, 14) では, 傷は Cat 13 が前方, Cat 3 が後方にあるが, 外側面皮質の強い変性域は Cat 13 では前方, Cat 3 では後方にある。内側面皮質への強い投射の前後方向の局在性についても多少その傾向があるように思われる。友成³⁸は背内側核の前頭前野への皮質投射を Nauta 法で研究し, この核の皮質投射には前後の方向に局在性があるといっている。しかし Niimi et al.²⁹ の HRP 法による研究では, 背内側核の外側面皮質の投射には前後の方向に局在性があるが, 内側面皮質ではむしろ逆の前後関係があり, すなわち背内側核の前部は内側面

皮質の後部に投射するといっている。しかし内側下核と内側腹側核の皮質投射の前後の局在性はある程度認められるといっている。

最近のネズミにおける研究によると, 内側下核および内側腹側核の皮質投射はほとんど新皮質の全域の第1層表層に分布し, 特に前頭葉に強く投射するといわれる (Herkenham¹⁵)。著者のネコにおける実験では内側下核と内側腹側核の皮質投射域はほとんど前頭前野に限局し, 他の皮質領域への投射はごくわずかである。しかも終末線維は第1層のみならず, 第3層および第4層にも分布する。このような差異はいかなる理由によるものか明らかでない。

著者らの教室ではネコの大脳皮質の各部位に HRP を限局性に注入し, それによって引き起こされる視床の細胞の標識を分析している。Niimi et al.²⁹によると, HRP を前頭前野の各部位に注入すると, 前頭前野の内側部および腹側部注入例では内側下核の細胞が強く標識され, 背外側部注入例では主として内側腹側核の細胞が標識される。この所見は著者の Nauta 法による所見とよく一致する。また Niimi et al.²⁹ はシルビウス前溝の外側壁の注入では内側下核にも内側腹側核にも著明な標識を来さないという。教室の前頭葉以外の HRP 注入例では, 二次体知覚野の後腹側部注入例 (Cats 239L, 213R, 213L) で内側腹側核に少数の標識細胞が見られ, また島部注入例 (Cats 197L, 131R, 166L) でも少数の標識細胞が認められる (Niimi and Matsuoka²⁵)。また辺縁皮質の HRP 注入例では比較的大きい注入例で標識細胞がこれらの核に認められている。すなわち前辺縁野と帯状野では内側下核と内側腹側核に, 膨大後野と海馬台前野では内側下核のみに少数の標識細胞が見られる (Niimi et al.²⁷)。

従来視床の連合核, 例えば背内側核, 背側外側核, 後外側核, 内側, 外側および下枕核などの皮質投射には, びまん性投射と局在性投射が区別されている (田中³⁷, Niimi and Inoshita²³, Niimi et al.²⁶, 友成³⁸)。すなわち傷が一定以上の大きさであれば, これらの視床連合核のどれを傷つけても, その核の皮質投射域のほとんど全域にびまん性投射が見られ, 一方その核の傷の局在に応じて強い変性

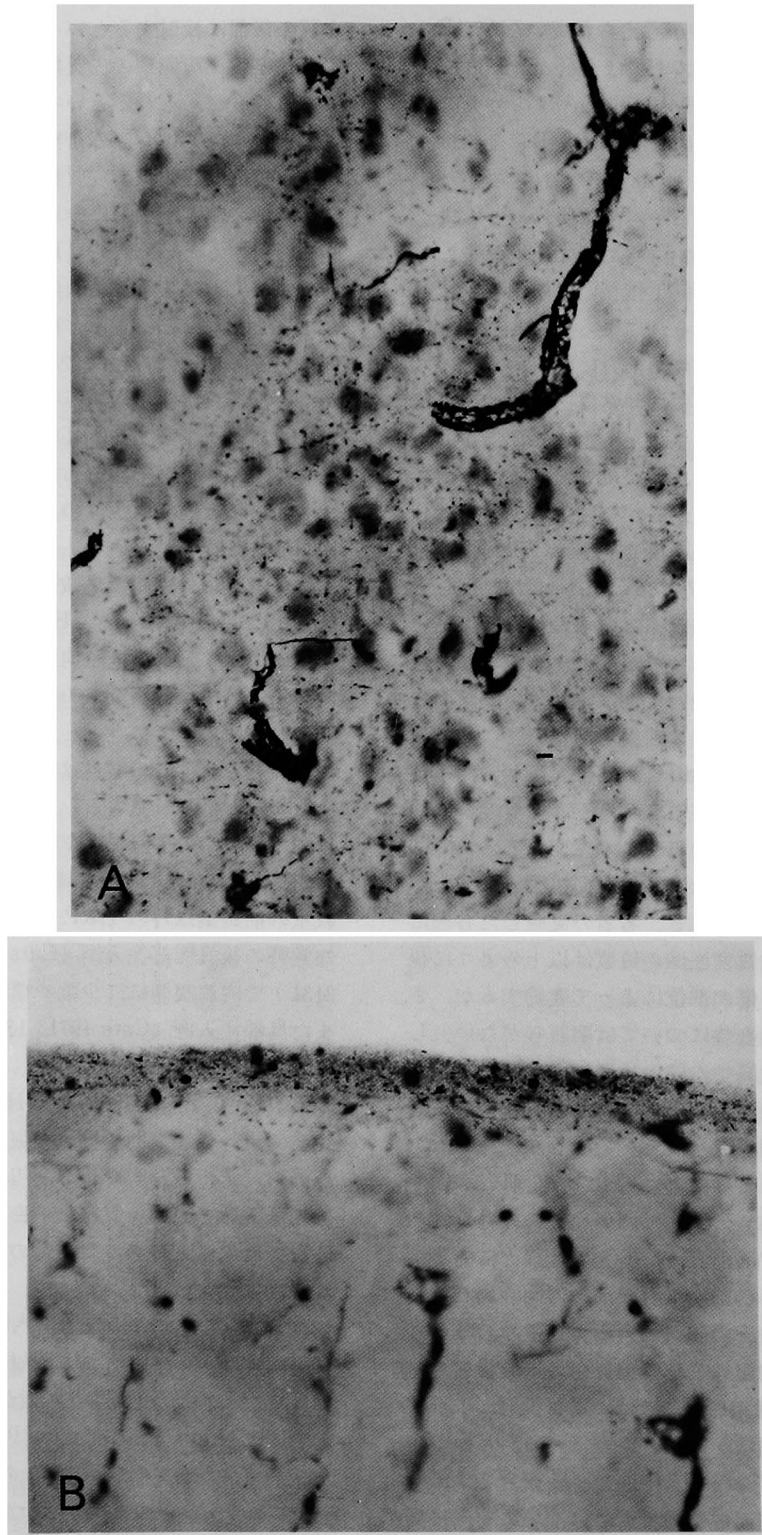


図8 皮質変性の顕微鏡写真。Cat 5における前頭前野内側面皮質の第4層と第3層における変性像(A)と第1層における変性像(B)。 Nauta-Gygax鍍銀法、×300

域が認められる。このような意味において内側下核も内側腹側核も背内側と同じように、視床連合核に属し、しかも背内側核と同様に前頭前野に投射するといえる。

従来の視床背内側核の遠心路に関する研究によると、背内側核から出た線維は主として腹側方ないし外側方に走り、中心傍核、内側下核、内側腹側核などを貫く。大部分の線維はさらに内側腹側核を通過したのちは前方に進み、視床網様核の腹内側部を通過して前頭前野皮質に向かう(田中³⁷⁾、友成³⁸⁾)。従って背内側核の腹側に位置する内側下核と内側腹側核の部分は背内側核の遠心路と(主として皮質投射線維)の通過線維を含むもので、これらの核における定位的な傷は当然これらの通過線維を障害する危険がある。著者の実験例ではその大部分は傷が内側下核と内側腹側核の前部にあり、背内側核から出た通過線維を傷害する危険はほとんどないが、cat 14 と cat 13 では背内側核の遠心路が内側腹側核(一部内側下核)を通過するのでこれらの線維が傷によって傷害されそのための変性が加わる可能性がある。最近 Niimi et al.²⁹⁾ はネコの大脳皮質(ことに前頭前野)に HRP を注入して視床核における標識細胞の出現および分布を分析しているが、この研究においても内側下核や内側腹側核が背内側核同様、前頭前野皮質に投射し、その局在性も著者の結果とよく一致するので、著者の cat 14 と cat 13 においても背内側核遠心路破壊の影響が軽微であり、しかも他の大部分の例ではその影響が全くないものと考えられる。

本研究においては定位的に電極針を挿入し、電氣的に内側下核と内側腹側核を破壊したが、その電極針挿入による影響はほとんどないことが電極針を挿入して電流を通さない対照例(2例)によって確かめられた。この研究では電極針通過による影響も最も大きいと考えられる脳梁の破壊を避けるために、電極針は反対側すなわち右側の大脳半球から水平に近い斜めの方向から挿入され、左側の視床核へ達している。しかし左側では電極針は内側前核を通過、傷害しているものがあり(cats 8, 7, 16, 5)、また全例において正中核群を電極針が通過している

(内側中心核、結合核、菱形核、前室傍核)、内側前核への傷の波及による影響は教室の Niimi et al.²⁷⁾ および Niimi³⁰⁾ の視床前核群の皮質投射に関する研究に従ってこれを除外した。しかし正中核群の新皮質への傷の波及の影響についてはほとんど認められなかった。

最近の Beckstead et al.²⁾ のネズミにおけるオートラジオグラフィー法による研究では、黒質の網様部(非ドーパミン作動性ノイロン)に放射性同位元素を注入すると、少数の黒質線条体線維のほか、多数の黒質視床線維が視床内側腹側核(一部内側下核)へ上行するのが見られ、一部は東傍核および背内側核の髄板傍部にも少数の線維が行くという。また彼らは黒質視床投射には内外側の方向に局在性があるといっている。Herkenham¹⁵⁾ の HRP 法を用いた研究もこのような局在性を認めている。黒質から内側腹側核への投射は Cole et al.⁸⁾ によって初めてネコとサルで記載され、ついでネズミについて Faull and Carman⁹⁾、Fibriger et al.¹⁰⁾、Hedreen¹⁴⁾ らによって、サルについて Carpenter and Peter⁴⁾、Rinvik³³⁾ らによって報告された。Carpenter et al.⁵⁾ は黒質の投射部位に背内側核の髄板傍部を包含している。

以上から黒質は視床内側腹側核(内側下核を含む)に投射し、この核はさらに新皮質、ことに前頭葉に投射するので、黒質は黒質視床線維と視床皮質線維によって体運動機構のみならず、大脳皮質の感覚性ならびに連合性機構に影響を与えることができる。特に黒質が内側腹側核を経て連合性衝撃を前頭前野皮質に送っていることは興味がある。

結 語

この研究はネコの視床の内側下核と内側腹側核の皮質投射を Nauta 法を用いて詳しく研究したもので、これらの核における定位的に与えた傷と皮質変性との関係を分析して次のような所見がえられた。内側下核と内側腹側核における傷がある一定の大きさ以上であれば、これらの核のどの部分の傷でも内側および外側前頭前野(前頭顆粒皮質)のほとんど全域に散在性の終末変性を引き起こす。さらに傷の位置に応じ

て密な終末変性が前頭前野の一定部位に認められる。内側下核に傷がつくられると、密な終末変性は主として前頭前野の内側面皮質および外側面皮質の腹側部に見られるが、傷が内側腹側核につくられると、密な終末変性は主に前頭前野の外側面皮質背側部およびシルビウス前溝の内側壁に認められる。内側下核と内側腹側核の著明な皮質投射域の間の境界はほぼ前嗅溝によって示されるものと考えられる。このように内側下核と内側腹側核の著明な皮質投射は内外側方向に局在性を示すが、これらの投射

は前後の方向にも多少とも局在性を有するよう
に思われる。

検索したすべての例において変性終末は変性域における第2層を除く全皮質層に見られる。第4層およびそれに近接した第3層の部分では変性終末が最も多く、また第1層表層にもかなり多くの終末が見られる。

稿を終えるにあたって懇切な御指導と御校閲を載いた新見教授に心から感謝します。

文 献

1. Atlas, D. and Ingram, W.R.: Topography of the brain stem of the rhesus monkey with special reference to the diencephalon. *J. Comp. Neurol.* **66**, 263—290, 1937.
2. Beckstead, R.M., Domesick, V.B. and Nauta, W.J.H.: Efferent connections of the substantia nigra and ventral tegmental area in the rat. *Brain Res.* **175**, 191—217, 1979.
3. Brodmann, K.: *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde*. J.A. Barth, Leipzig, 1911.
4. Carpenter, M.B. and Peter, P.: Nigrostriatal and nigrothalamic fibers in the rhesus monkey. *J. Comp. Neurol.* **144**, 93—116, 1972.
5. Carpenter, M.B., Nakano, K. and Kim, R.: Nigrothalamic projections in the monkey demonstrated by autoradiographic techniques. *J. Comp. Neurol.* **165**, 401—416, 1976.
6. Clark, W.E. Le Gros: The thalamus of Tarsius. *J. Anat. (London)* **64**, 371—414, 1930.
7. Clark, W.E. Le Gros and Boggon, R.H.: On the connections of the medial cell groups of the thalamus. *Brain* **56**, 83—98, 1933.
8. Cole, M., Nauta, W.J.H. and Mehler, W.H.: The ascending efferent projections of the substantia nigra. *Trans. Amer. Neurol. A.* **89**, 74—78, 1964.
9. Faull, R.L.M. and Carman, J.B.: Ascending projections of the substantia nigra in the rat. *J. Comp. Neurol.* **132**, 73—92, 1968.
10. Fibiger, H.C., Pudritz, R.E., McGeer, P.L. and McGeer, E.G.: Axonal transport in nigro-striatal and nigro-thalamic neurons: effects of medial forebrain bundle lesions and 6-hydroxydopamin. *J. Neurophysiol.* **19**, 1697—1708, 1972.
11. Fink, R.P. and Heimer, L.: Two methods for selective silver impregnation of degenerating axons and their synaptic endings in the central nervous system. *Brain Res.* **4**, 369—374, 1967.
12. Gurdjian, E.S.: The diencephalon of the albino rat. *J. Comp. Neurol.* **43**, 1—114, 1927.
13. Gurewitsch, M. und Chatschaturian, A.: Zur Cytoarchitektonik der Grosshirnrinde der Feliden. *Z. Anat. Entw. Gesch.* **87**, 459—596, 1928.
14. Hedreen, J.C.: Separate demonstration of dopaminergic and non-dopaminergic projections of substantia nigra in the rat. *Anat. Rec.* **169**, 338, 1971.
15. Herkenham, M.: The afferent and efferent connections of the ventromedial thalamic nucleus in the rat. *J. Comp. Neurol.* **183**, 487—518, 1979.
16. Jasper, H.H. and Ajmone-Marsan, C.A.: *A Stereotaxic Atlas of the Diencephalon of the Cat*. Nat. Res.

- Council Publ., Ottawa, 1954.
17. Jimenez-Castellanos, J.: Thalamus of the cat in Horsely-Clarke coordinates. *J. Comp. Neurol.* **91**, 307—339, 1949.
 18. Krettek, J.E. and Price, J.L.: The cortical projections of the mediodorsal nucleus and adjacent nuclei in the rat. *J. Comp. Neurol.* **171**, 157—192, 1977.
 19. Leonard, C.M.: The prefrontal cortex of the rat. I. Cortical projection of the mediodorsal nucleus. II. Efferent connections. *Brain Res.* **12**, 321—343, 1969.
 20. Leonard, C.M.: The connections of the dorsomedial nuclei. *Brain Behav. Evol.* **6**, 524—541, 1972.
 21. Nauta, W.J.H. and Gyax, P.A.: Silver impregnation of degenerating axons in the central nervous system: A modified technic. *Stain Technol.* **29**, 91—93, 1954.
 22. 新見嘉兵衛：視床—大脳皮質との関係を中心として—神経研究の進歩 **6**, 768—780, 1962.
 23. Niimi, K. and Inoshita, H.: Cortical projections of the lateral thalamic nuclei in the cat. *Proc. Jpn. Acad.* **47**, 664—669, 1971.
 24. Niimi, K. and Kuwahara, E.: The dorsal thalamus of the cat and comparison with monkey and man. *J. Hirnforsch.* **14**, 303—325, 1973.
 25. Niimi, K. and Matsuoka, H.: Thalamocortical organization of the auditory system in the cat studied by retrograde axonal transport of horseradish peroxidase. *Adv. Anat. Embryol. Cell Biol.* **57**, 1—56, 1975.
 26. Niimi, K., Kadota, M. and Matsushita, Y.: Cortical projections of the pulvinar nuclear group of the thalamus in the cat. *Brain Behav. Evol.* **9**, 422—457, 1974.
 27. Niimi, K., Niimi, M. and Okada, Y.: Thalamic afferents to the limbic cortex in the cat studied with the method of retrograde axonal transport of horseradish peroxidase. *Brain Res.* **145**, 225—238, 1978.
 28. Niimi, K., Matsushita, Y., Matsuoka, H. and Okada, Y.: Cortical projections of the submedial and medial ventral nuclei of the thalamus in the cat. *Anat. Rec.* **187**, 774, 1977.
 29. Niimi, K., Matsuoka, H., Aisaka, T. and Okada, Y.: Thalamic afferents to the prefrontal cortex in the cat traced with horseradish peroxidase. *J. Hirnforsch.* 1980 (in press).
 30. Niimi, M.: Cortical projections of the anterior thalamic nuclei in the cat. *Exp. Brain Res.* **31**, 403—416, 1978.
 31. Papez, J.W.: Thalamic connections in a hemidecorticated dog. *J. Comp. Neurol.* **69**, 103—120, 1938.
 32. Rioch, D. Mck.: Studies on the diencephalon of carnivora. Part I. The nuclear configuration of the thalamus, epithalamus and hypothalamus of the dog and cat. *J. Comp. Neurol.* **49**, 1—119, 1929.
 33. Rinvik, E.: Demonstration of nigrothalamic connections in the cat by retrograde axonal transport of horseradish peroxidase. *Brain Res.* **90**, 313—318, 1975.
 34. Rose, J.E. and Woolsey, C.N.: The orbitofrontal cortex and its connections with the mediodorsal nucleus in rabbit, sheep and cat. *Proc. Assoc. Res. Nerv. Ment. Dis.* **27**, 210—232, 1947.
 35. Rose, J.E. and Woolsey, C.N.: Structure and relations of limbic cortex and anterior thalamic nuclei in rabbit and cat. *J. Comp. Neurol.* **89**, 279—348, 1948.
 36. Sheps, J.G.: The nuclear configuration and cortical connections of the human thalamus. *J. Comp. Neurol.* **83**, 1—56, 1945.
 37. 田中収：ネコの視床背内側核の遠心路に関する実験解剖学的研究。岡山医学会雑誌 **81**, 369—383, 1969.
 38. 友成正二：ネコの視床背内側核の皮質投射に関する実験解剖学的研究。岡山医学会雑誌 **90**, 209—224, 1978.
 39. Waller, W.H.: Thalamic connections of the frontal cortex of the cat. *J. Comp. Neurol.* **73**, 117—138, 1940.

略 字 解

AM	Nucleus anteromedialis	内側前核	PSS	Sulcus presylvius	シルビウス前溝
ARS	Sulcus rhinalis anterior	前嗅核	PvA	Nucleus paraventricularis anterior	前室傍核
CM	Nucleus centralis medialis	内側中心核	R	Nucleus reuniens	結合核
CS	Sulcus cruciatus	十字溝	Rh	Nucleus rhomboidalis	菱形核
MD	Nucleus dorsomedialis	背内側核	Sm	Nucleus submedius	内側下核
Pc	Nucleus paracentralis	中心傍核	VM	Nucleus ventralis medialis	内側腹側核

**An experimental-anatomical study on the cortical
projections of the submedial and medial ventral
nuclei in the cat**

Yasutaka OKADA

Third Department of Anatomy, Okayama University Medical School

(Director: Prof. K. Niimi, M.D.)

Cortical projections of the submedial and medial ventral nuclei (the dorsal and ventral divisions of the medial ventral nucleus in a wide sense) were studied using the Nauta silver method. Localized stereotaxic lesions anywhere in these nuclei tend to cause scattered terminal degeneration in almost the whole extent of the frontal granular cortex, if the lesion is not so small. In addition, dense terminal degeneration occurs in certain region of the frontal cortex, which varies with the site of the lesion. Following lesions in the submedial nucleus, dense terminal degeneration is found largely in the medial and basal regions of the frontal cortex, while lesions in the medial ventral nucleus lead to dense degeneration mainly in the superolateral region of the frontal cortex (the prorean gyrus), including the lower bank of the presylvian sulcus. The boundary between the marked cortical projection areas of the submedial and the medial ventral nuclei may be represented by the anterior rhinal sulcus. Marked cortical projections of the submedial and medial ventral nuclei appear to be topographically organized also in an anteroposterior manner.

In all the cases studied, degenerated terminals in the affected cortex were found in all layers, except for layer 2, where only fibers of passage were found. In layer 4 and the adjacent portion of layer 3, terminal degeneration was most dense. In the superficial portion of layer 1, a fair number of terminals were seen.