

Potentials Evoked in the Spinal Cord by Stimulation of the Pelvic Nerve in Cats

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/7972

ネコ骨盤神経電気刺激による脊髓内誘発電位

金沢大学医学部脳神経外科学講座 (主任: 山本信二郎教授)

北 村 佳 久

(昭和62年9月1日受付)

浅麻酔非動化ネコの骨盤神経を電気刺激し、平均加算法を用いて、脊髓内誘発電位を記録した。誘発電位は後索では記録されず、両側側索で記録された。そして、その潜時差より短潜時反応 (N_1) と、長潜時反応 (N_2) に分けられた。上部頸髄では、 N_1 は頂点潜時 17.2 ± 3.9 msec で前側索に局限しており、 N_2 は 33.2 ± 5.7 msec で後側索および一部前側索に分布した。下部胸髄では、頂点潜時 14.6 ± 3.4 msec の N_1 と、 38.6 ± 6.7 msec の N_2 はともに後側索を中心に分布した。2発刺激による反応の回復を比較すると、 N_1 は100 msec以内に回復したが、 N_2 は150 msec以上要した。サイアミラルソディウム投与では、 N_1 は振幅の増大を示すのに対し、 N_2 は抑制された。頸髄半側を切截すると、切截部より吻側では N_2 のみが、尾側では N_1 のみが記録された。このことから、 N_1 は求心系の反応、 N_2 は遠心系の反応である事が示された。 N_1 の C_{2-3} と Th_{11-12} の潜時差より、骨盤神経求心系の脊髓内伝導速度は平均 34.5 m/sec であり、同様に N_2 の潜時差より骨盤神経遠心系の脊髓内伝導速度は平均 16.6 m/sec であった。以上より、骨盤神経求心系は下部胸髄では主に後側索を、上部頸髄では前側索を上行し、脊髓-延髄-脊髓反射で生じた遠心系は、上部頸髄、下部胸髄ともに主に後側索を下行すると推定された。

Key words Pelvic nerve, Afferent pathways, Efferent pathways, Spinal cord, Spino-bulbo-spinal reflex

骨盤神経は、排尿排便反射、骨盤神経腹圧反射¹⁾²⁾などの反射機能に対する役割と共に、尿意、便意などの特殊内臓知覚、骨盤内臓痛覚³⁾⁴⁾など特殊な求心系としての役割を果たしている。

久留ら^{5)~8)}は、骨盤内臓感覚の求心系には側索ならびに後索を上行する2つの経路があり、延髄の迷走神経背側核、孤束核、ならびに疑核の近傍の外側網様体に終末するとした。山本ら^{1)~3)9)10)}は、ネコについて実験し、骨盤神経求心系の刺激により著明な腹圧亢進のおこる事を発見し、これを骨盤神経腹圧反射と呼び、この反射を生じる骨盤神経求心線維は group III群に属し、主に S_1 , S_2 の後根を経て、腰髄では後側索を、上部頸髄では前側索を両側性に上行すると述べた。石黒¹¹⁾は骨盤神経電気刺激による誘発電位及び誘発単位発射を、延髄外側網様体ならびに橋側核の背外側網様体から記録した。沖¹²⁾は骨盤神経の1次求心性線維は仙髄の Rexed V層に終末すると述べた。長谷川¹³⁾は大脳皮質での誘発電位の分布を調べ、それを指標として脊髓の部分切截を行ない、その脊髓内求心系伝導路は、頸髄 (C_3) において脊髓側索中部から前側索にかけて

存在する事を証明した。

著者はネコ骨盤神経を電気刺激し、平均加算法を用いて脊髓内誘発電位を記録し、その脊髓内求心路及びその反射の遠心路について検索した。

材料及び方法

実験には、体重 $2.5 \sim 4.0$ kg の成猫 40 匹を使用した。サイアミラルソディウム 20 mg/kg を静脈内注射により麻酔導入し、股静脈にはポリエチレンチューブを挿入、実験中の補液及び薬剤注入の経路とした。手術創及び圧点には 1% リドカインを注射した。気管切開を施し、パングロニウムブロマイドを逐時投与して非動化し、人工呼吸器に接続して陽圧呼吸を維持した。Yamamoto ら¹⁴⁾の方法に従って、腹部を正中切開し、両側骨盤神経を露出後、直腸側壁の位置で 2 mm 間隔の双極電極を装着し、これを刺激電極とした。電極周囲にはミネラルオイルを含ませた綿とパラフィン絶縁膜を置き、神経の乾燥、電流漏洩による障害を避けた。骨盤神経に近接して存在する閉鎖神経は圧挫切断した。外尿道口から膀胱にカテーテルを挿入し、骨

盤神経の電気刺激に対して膀胱内圧が上昇するのを確かめ、電流漏洩のない事を確認した後、腹壁を縫合し腹位として頭部及び脊椎を東大式脳固定装置に固定した。

5頭の動物においてTh₁₁からL₅までの両側後根切断モデルを作製した実験においても骨盤神経刺激の成績に変わりなく、下腹神経求心系による影響は否定された。

後頭部及び背部に正中切開を加えて、第1頸椎から第3頸椎、第10胸椎から第12胸椎まで椎弓切除を行ない、硬膜を切開し、上部頸髄、および下部胸髄を露出した。脊髄の呼吸性変動を軽減するために、露出した脊髄の吻側ならびに尾側において棘突起を固定した。実験室の室温は27°C、湿度は70%に保ち、動物は温水パッドにて直腸温36~38°Cに維持した。

骨盤神経の電気刺激には、アイソレーター（日本光電SS-101J）を介した電気刺激装置（日本光電SEN-1101）により、持続0.5 msecの矩形波電流を用いた。

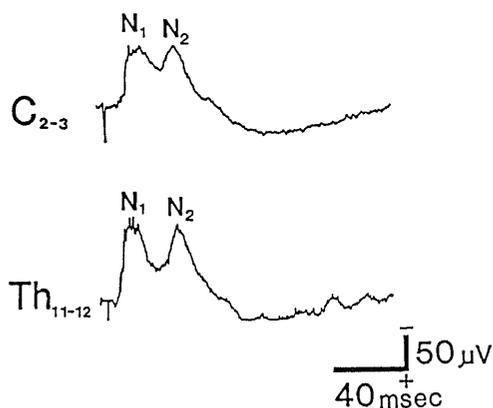


Fig. 1. Potential changes induced in the lateral funiculus at C₂₋₃ and Th₁₁₋₁₂ by electric stimulation of ipsilateral pelvic nerve. Those are composed of short latency responses (N₁) and long latency responses (N₂).

誘発電位の記録には、カシュー塗料で絶縁した直径200 µmのスチールパイプに、直径50 µmのテフロンコーティングしたタングステン線を挿入し、その先端を70 µm突出させた単極電極を使用した。

誘発電位の記録は、すべて単極誘導にて行ない、不関電極は記録部位近傍の皮下に置いた。高入カインピーダンス前置増幅器（日本光電AVZ-8）及び時定数0.3秒に設定した高感度増幅器（日本光電AVH-10及びAVM-10）で増幅し、オシロスコープ（日本光電VC-10）で観察した。各誘発反応は、電子計算機（日本光電ATAC-450）により100回平均加算し、X-Yプロッター（HEWLETT PACKARD 7225A PLOTTER）を用いて記録した。

記録電極を刺入する際は、手術顕微鏡下にマイクロマンipレータを使用して、0.5 mm毎に反応を記録した。脊髄の切截には安全カミソリ刃の一部を折ったものを持針器にて把持し、手術顕微鏡で操作した。記録終了後、電極を陰極として直流通電し、電極先端位置に微小損傷を作製した。実験終了後、頸髄及び胸髄を摘出し、10%ホルマリンで固定、パラフィン包埋した後、10~15 µmの連続切片を作製し、Weil氏髄鞘染色を行ない、電極の位置及び切截部位を検索し記録点を補正した。

成 績

I. 誘発反応の分布、潜時

一侧の骨盤神経の電気刺激により、脊髄での誘発反応は、上部頸髄、および下部胸髄のいずれも両側側索で記録され、後索では記録されなかった。側索においては、刺激側に対し、同側、対側とも反応の形状、潜時に差異は認められなかった。誘発反応はその潜時から、2種類に分けられ、短潜時反応をN₁、長潜時反応をN₂と名づけた（図1）。表1は上部頸髄（C₂₋₃）、下部胸髄（Th₁₁₋₁₂）における各潜時を示す。C₂₋₃では、N₁は立ち上がり潜時7.8~13.2 msec（10.0±1.8 msec）（mean±S.D.）、頂点潜時12.0~24.0 msec

Table 1. Initial and peak latency of N₁ and N₂.

	N ₁		N ₂	
	Initial	Peak	Initial	Peak
C ₂₋₃	7.8~13.2 (10.0±1.8)	12.0~24.0 (17.2±3.9)	15.8~35.4 (20.4±4.5)	27.0~46.4 (33.2±5.7)
Th ₁₁₋₁₂	5.6~9.0 (7.1±1.2)	9.0~20.0 (14.6±3.4)	19.4~28.0 (24.5±3.7)	29.0~48.4 (38.6±6.7)

Initial, Initial latency (msec); Peak, Peak latency (msec).

(mean±S.D.)

(17.2 ± 3.9 msec) であり, N_2 は立ち上がり潜時 $15.8 \sim 35.4$ msec (20.4 ± 4.5 msec), 頂点潜時 $27.0 \sim 46.4$ msec (33.2 ± 5.7 msec)であった. Th_{11-12} では, N_1 は立ち上がり潜時 $5.6 \sim 9.0$ msec (7.1 ± 1.2 msec), 頂点潜時 $9.0 \sim 20.0$ msec (14.6 ± 3.4 msec) であり, N_2 は立ち上がり潜時 $19.4 \sim 28.0$ msec (24.5 ± 3.7 msec), 頂点潜時 $29.0 \sim 48.4$ msec (38.6 ± 6.7 msec)であった. 各レベルでの潜時を比較すると, N_1 は C_{2-3} では Th_{11-12} より, 2.6 msec 長く, これに対し N_2 は C_{2-3} では Th_{11-12} より 5.4 msec 短かった. 上位ほど潜時が短い事より, N_2 は骨盤神経求心系伝導路による反応ではなく, 遠心系伝導路による反応であると考えられた.

1. 上部頸髄 (C_{2-3}) における誘発反応の分布

図2は同一動物の C_{2-3} 側索において最外側より 0.5 mm 間隔に刺入された電極による3つのトラック

の誘発反応を示す. 各記録は深さ 0.5 mm 毎に行なった. 最外側 A トラックの背側で認められるのは N_2 のみである. N_1 は歯状靭帯近傍の腹側から認められ, 前側索外側部 (A-5, 6, 7) では 2 峰性反応となる. N_2 は腹側に至るほど振幅が減少する. 内側の B 及び C トラックでは背側から腹側にかけて広範に N_2 が認められ, 前側索 (B-8, 9, C-8, 9) で小さな振幅の N_1 が認められる.

2. 下部胸髄 (Th_{11-12}) における誘発反応の分布

図3は同一動物の Th_{11-12} 側索における2つのトラックの誘発反応を示す. 外側 A トラックでは背側において N_1 , N_2 とともに著明で 2 峰性を呈し, 腹側ではともに振幅を減少する. 内側 B トラックにおいても背側で N_1 , N_2 とともに認められ腹側で振幅を減少する.

C_{2-3} , Th_{11-12} における誘発反応を振幅を基準として, $25 \mu V$ 以下, $25 \sim 50 \mu V$, $50 \mu V$ 以上の3群に分け,

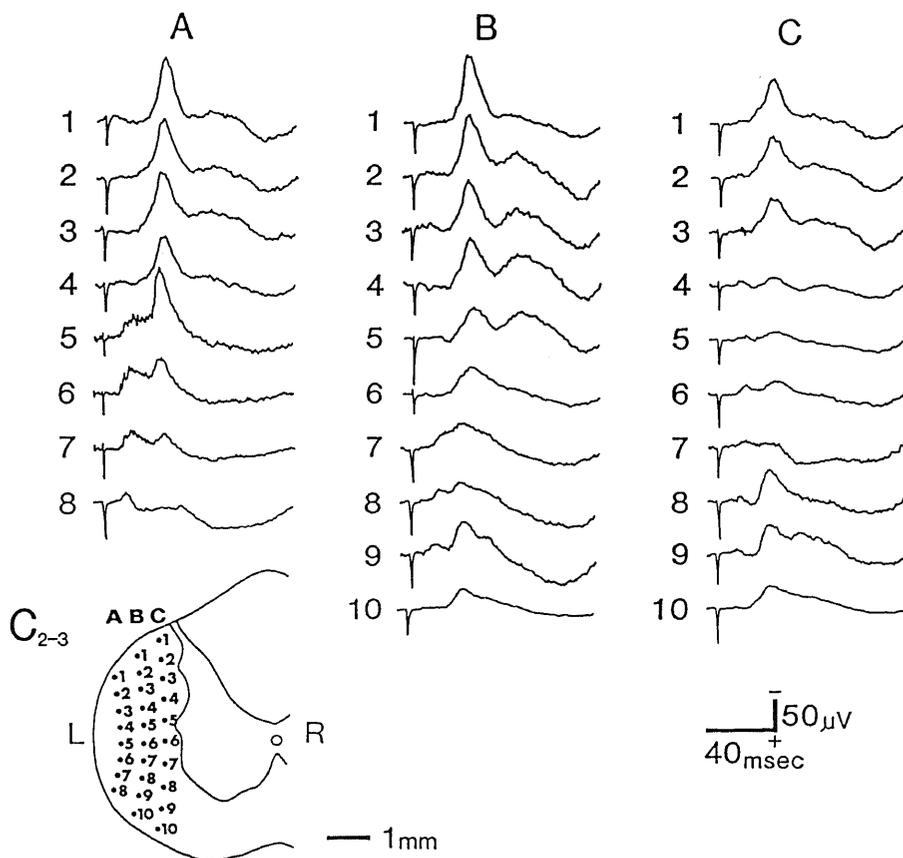


Fig. 2. Potential changes induced in the lateral funiculus at C_{2-3} by electric stimulation of the ipsilateral pelvic nerve. Black dots in the inset indicate the site from which potentials were recorded. The curvature of the tracks was due to mechanical distortion of the cord by insertion of the electrode.

また短潜時反応 (N_1) と長潜時反応 (N_2) の 2 群に分けて、その分布を図 4 に示す。短潜時反応 (N_1) は C_{2-3} では前側索に限局したが、 Th_{11-12} では後側索に広がった。長潜時反応 (N_2) は、 C_{2-3} 、 Th_{11-12} ともに後側索を中心に分布した。

II. 刺激電流の強さと誘発反応

骨盤神経に与える電気刺激の刺激強度を種々に変えて、誘発反応におこる変化を、図 5 に示す。これは刺激側と同側で Th_{11-12} 側索において記録された例である。 N_1 は 0.7 V 以上で、 N_2 は 1.0 V 以上で出現し、刺激強度を強めると各波形の振幅は増大したが、4.0 V 以上では、もはや増強は認められなかった。潜時については、刺激を強めても、立ち上がり潜時、頂点潜時ともに変化は認められなかった。

III. 2 発刺激とその回復過程

骨盤神経に種々の時間間隔で 2 発刺激を与え、同側の Th_{11-12} 後側索において、第 1 刺激による反応に対する第 2 刺激による反応の振幅の比を算出し、回復曲線を描いた (図 6)。短潜時反応 (N_1) は、5 msec 間隔で既に回復し始め、10 msec で 57%、100 msec で 100% 回復した。それに対し、長潜時反応 (N_2) は 20 msec まで完全に抑制され、100 msec で 50%、150

msec 以上で 100% 回復した。

IV. バルビタール剤投与による誘発反応の変化

脊髄内誘発反応に及ぼすバルビタール剤の影響をみるために、短時間作用性の性質を持つサイアミラールソディウム 10 mg/kg を静脈内投与し、誘発反応の変化を経時的に記録した (図 7)。短潜時反応 (N_1) は投与前、頂点潜時 14 msec であったが、5 分後には 16 msec と延長した。振幅は投与後減少せず、反対に 60~180 分にわたり 130~150% と増大した。一方、長潜時反応 (N_2) は投与後、60 分まで完全に抑制され、120 分で 50% 回復、180 分で 80% まで回復した。頂点潜時は、投与前 36 msec であったが、投与後 50 msec と著明に延長した。

V. 脊髄切截の誘発反応に及ぼす影響

図 8 は、同側骨盤神経電気刺激による誘発反応を、 C_{2-3} 、 Th_{11-12} で同時記録した後、 C_2 同側の側索切截を行ない、誘発反応の変化を示す。切截前には、前述の如く、著明な短潜時反応 (N_1) は C_{2-3} では前側索に、 Th_{11-12} では後側索に認められ、長潜時反応 (N_2) は C_{2-3} 、 Th_{11-12} ともに後側索に認められた。手術顕微鏡下に記録部位と同側の脊髄側索を切截し、切截前と同部位の誘発反応を記録した。 C_2 の側索切截後では、

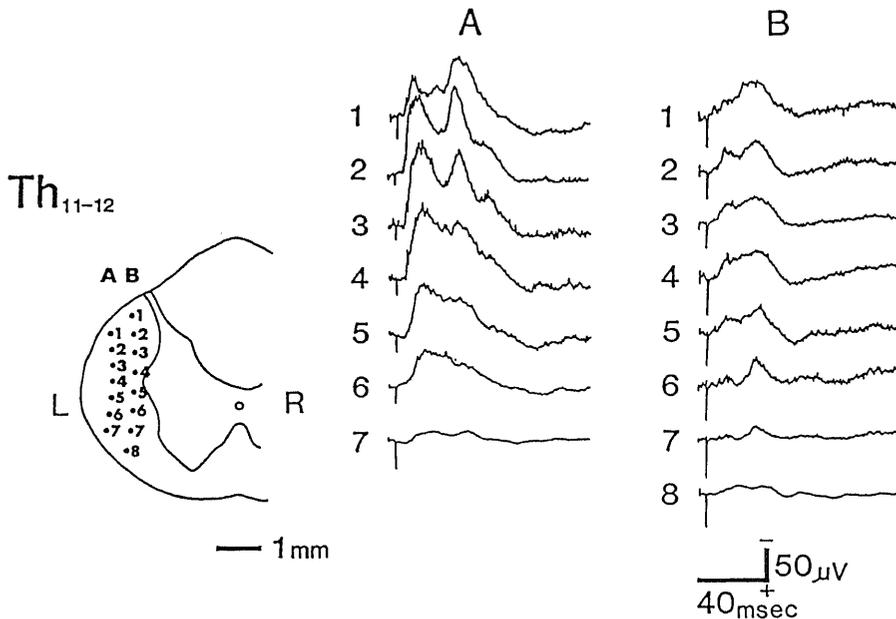


Fig. 3. Potential changes induced in the lateral funiculus at Th_{11-12} by electric stimulation of the ipsilateral pelvic nerve. Black dots in the inset indicate the site from which potentials were recorded.

C₂₋₃, Th₁₁₋₁₂のいずれの部位においても、N₁は切截前と同様に反応が認められるが、これに対しN₂は消失した。

図9は、同側骨盤神経電気刺激による誘発反応を、C₁₋₂, C₂₋₃で同時記録した後、C₂同側側索切截を行ない、誘発反応の変化を示す。切截前はC₁₋₂, C₂₋₃ともに類似した誘発反応が記録されたが、切截後C₁₋₂ではN₁は消失し、N₂は残存するが振幅は切截前の1/3以下に減少した。一方、C₂₋₃ではN₁は振幅はほとんど変化を示さないが、これに対しN₂は消失した。この後、

対側C₂側索切截を追加すると、C₁₋₂ではN₁, N₂は共に消失し、C₂₋₃ではN₁の反応に変化を認められなかった。この事から、切截後C₁₋₂で得られたN₂は、遠心系の反応であり、対側側索を上行した求心系により賦活されたと考えられた。以上より推定される骨盤神経の脊髄内求心系伝導路及び反射の遠心系伝導路を第10図に示す。

短潜時反応(N₁)のC₂₋₃及びTh₁₁₋₁₂の潜時差より、求心系の脊髄内伝導速度を求めると、平均34.5 m/secであり、長潜時反応(N₂)より、遠心系の脊髄内伝

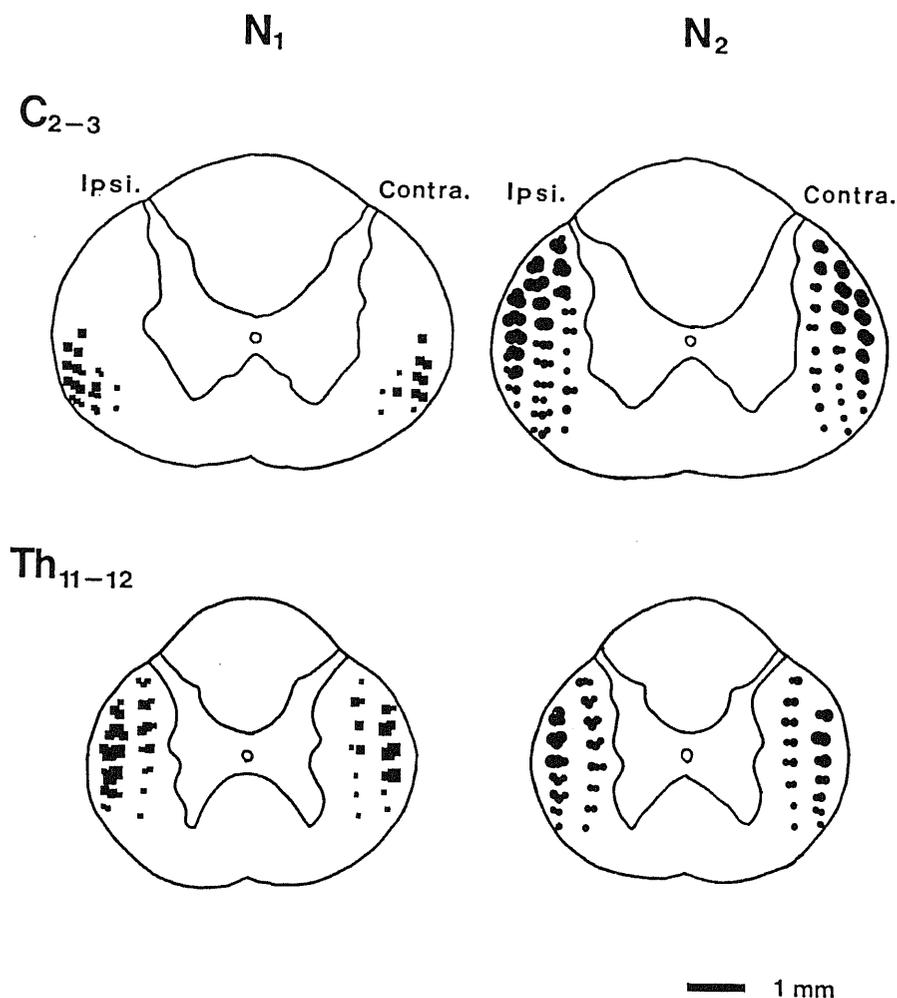


Fig. 4. Distribution of evoked potentials recorded in the lateral funiculus at C₂₋₃ and Th₁₁₋₁₂ by electric stimulation of the pelvic nerve. The both following symbols of squares and circles represent amplitude of N₁ and N₂, respectively.
 ■, ●, smaller than 25 μV; ▣, ●, 25~50 μV; ▤, ●, larger than 50 μV. ipsi., funiculus ipsilateral to the stimulated pelvic nerve; contra., funiculus contralateral to the stimulated pelvic nerve.

導速度を求めると、平均 16.6 m/sec であった。

考 察

自律神経を交感系と副交感系に分類する事は、Langley¹⁴⁾¹⁵⁾により提唱された。その解剖学的特徴は、前者が胸腰髄 (thoraco-lumbar outflow) から出るのに対し、後者は脳幹及び仙髄 (cranio-sacral outflow) より出る事である。副交感系は、目に行く midbrain outflow を除くと延髄系と仙髄系に分けられ、迷走神経と骨盤神経を経る。これらは系統発生的には、体節 (metameres) の両端、すなわち、oro-anal system に関連して発達し、山本¹⁶⁾はこの系統が、関連する求心系と共に、自律性と体性の中間の性質を持つ要素の多い事を強調した。

Eckhardt¹⁷⁾は骨盤神経が外生殖器の血管拡張作用を持ち、これが勃起の本態である事を証明し、この神経を勃起神経 Nn. erigentes と命名した。これは解剖学用語として集録されている。しかしこの神経は、陰部の血管拡張の他、膀胱、直腸の収縮などの自律神経機能を持つと共に、多量の求心性線維を含む事から、Langley ら¹⁸⁾は骨盤神経と命名し、この名称が現在では一般的に用いられている。

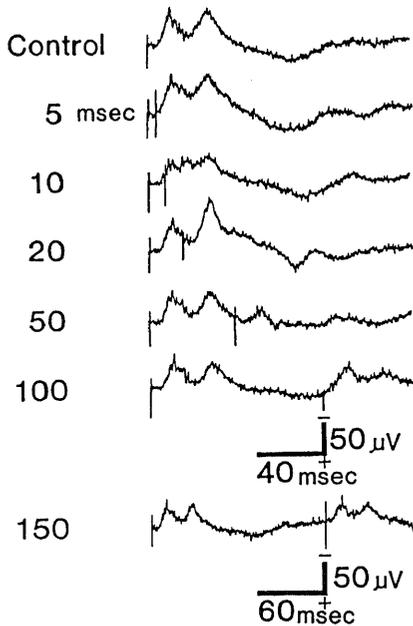


Fig. 6. Potentials evoked in the lateral funiculus at Th₁₁₋₁₂ by double electric stimulation of a pelvic nerve. Specimen records are shown to the left. Right: The amplitudes of the N₁ and N₂ evoked by second stimulation are plotted against stimulus intervals. The amplitudes of the controls are taken as 100%.

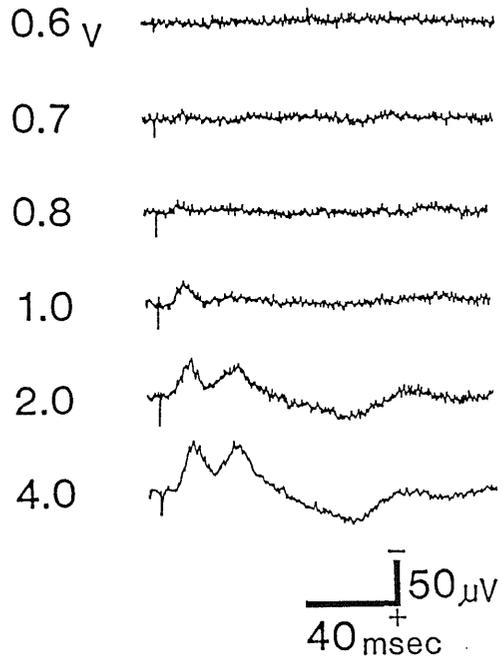
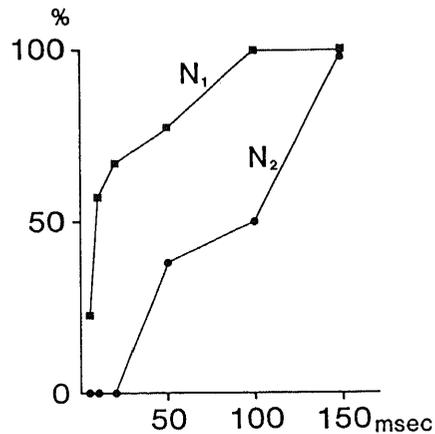


Fig. 5. The effect of increases in stimulus intensity to the pelvic nerve on evoked potentials in the lateral funiculus at Th₁₁₋₁₂. Stimulus intensities are indicated to the left.



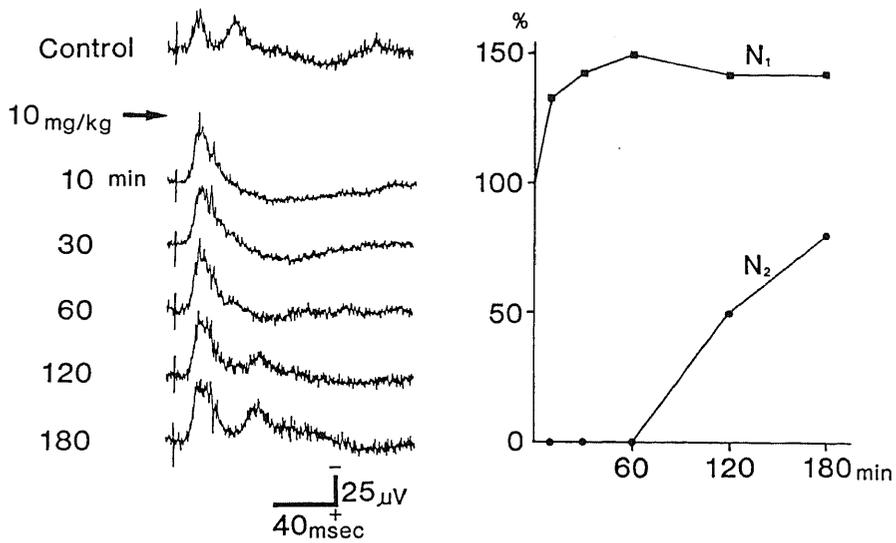


Fig. 7. Change of evoked potentials recorded in the lateral funiculus at Th₁₁₋₁₂ after intravenous administration of thiamylal sodium. Thiamylal sodium was administered intravenously in a dose of 10 mg/kg. Left: Evoked potentials recorded before and at various times after administration. Right: The amplitudes of the N₁ and N₂ are plotted against time after administration, the control amplitudes being taken as 100%.

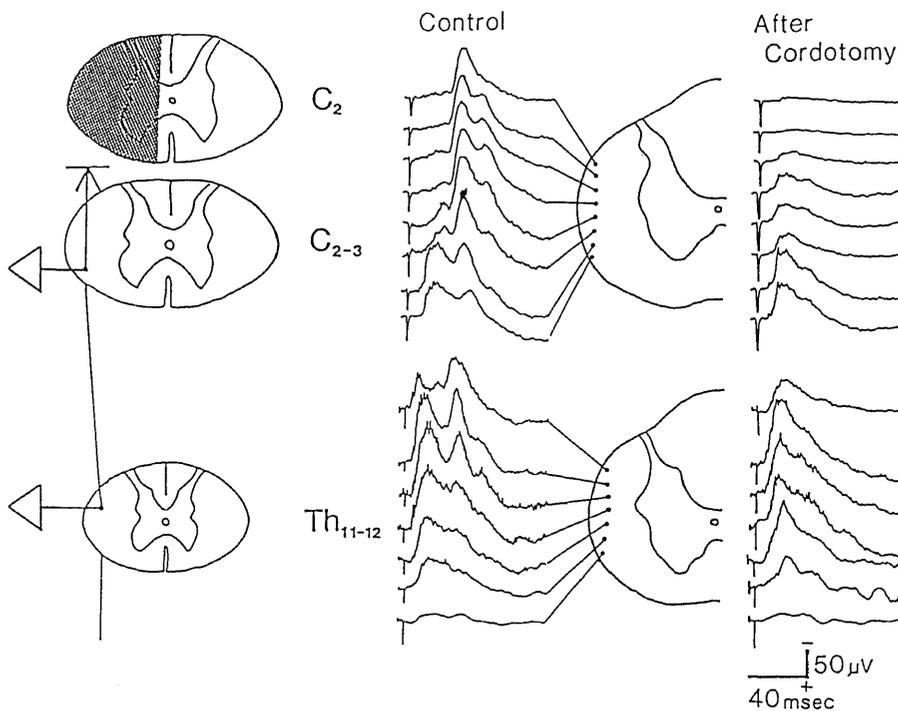


Fig. 8. Change of evoked potentials recorded at C₂₋₃ and Th₁₁₋₁₂ after a transverse section of the ipsilateral funiculus at C₂.

膀胱内圧の上昇によって引き起こされる排尿反射の求心性線維が、骨盤神経内にある事は知られている。Iggo¹⁹⁾は、骨盤神経叢より単一の求心性線維からのインパルス記録した。骨盤神経の線維を分析すると、Langley ら¹⁸⁾は、ネコにおいて有髄線維は3500本あり、そのうち1/3は求心性線維であるとした。イヌ²⁰⁾、マウス²¹⁾による検索では、骨盤神経中の無髄線維は極めて少なかった。Patton²²⁾によるとネコの内臓神経、迷走神経及び骨盤神経の求心性線維の径は、内臓神経では3~4 μ mと8~11 μ mの2峰性のヒストグラムを示すのに対し、迷走神経と骨盤神経では3~4 μ mの単峰性ヒストグラムを示す。Amassian²³⁾²⁴⁾は、内臓神経のA β 線維の70%は後索を上行し、内臓神経電気刺激による大脳皮質知覚領の一次反応が、頸髄後索切截により消失するのを見た。Aider ら²⁵⁾、Downman ら²⁶⁾も内臓神経のA β 線維は両側側索のみならず、同側後索も上行し、その伝導速度はそれぞれ22~36 m/sec, 26~55 m/secである事を証明した。組織化学的検索においても、内臓神経の求心系に後索が大きく関与している事が証明されている²⁷⁾。骨盤神経に関しては、White²⁸⁾は広範囲な両側前側索切截によっても、膀胱

の充満感が保たれた臨床例より、膀胱の充満を伝えるインパルスは後索を上行すると考えた。

山本ら²⁹⁾は、ネコ頸髄後索最中央表面部より、膀胱の拡張に同期する単位発射を記録する事に成功したが、それは皮膚の触圧刺激に応じる発射に比べ、電位の大きさは著しく小さく、得られる頻度も著しく小さいものであった。また骨盤神経腹圧反射に後索の切截は認むべき影響を与えなかった。骨盤神経電気刺激によるネコの大脳皮質誘発反応は、後索切截によっても変化しなかった¹³⁾。本実験においても、脊髄内誘発反応は後索では認められなかった。内臓神経と骨盤神経の求心系の著明な差は、前者においては線維分析で2峰性のヒストグラムを示すとともに脊髄内上行路に側索と後索が関与し、後者では単峰性であり、後索の関与が極めて少ない事である。

Yamamoto ら¹¹⁾は、ネコ骨盤神経刺激でS₂後根に得られた electroneurogram では、伝導速度が50, 25, 12 m/secの3つのピークが見られるが、骨盤神経腹圧反射に関係する求心性線維は25 m/sec以下であると主張した。石黒¹¹⁾は、ネコ骨盤神経電気刺激による誘発反応を、下位脳幹で記録した。この誘発反応は両側橋

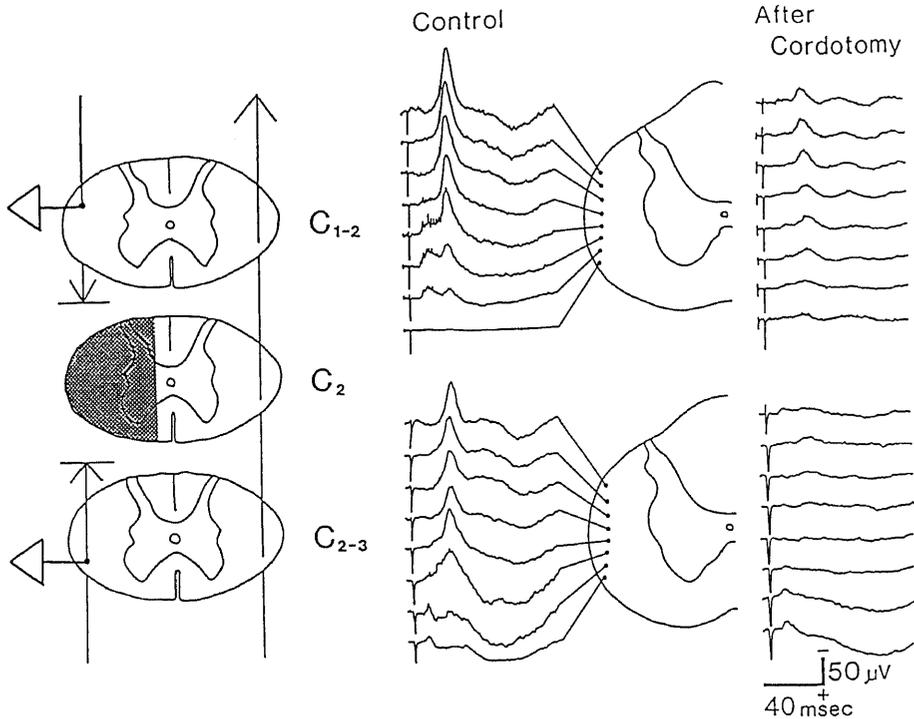


Fig. 9. Change of evoked potentials recorded at C₁₋₂ and C₂₋₃ after a transverse section of the ipsilateral funiculus at C₂.

吻側の背外側網様体、延髄の腹外側網様体で著明に記録され、その潜時から伝導速度は15~25 m/secと計算された。富子³⁰⁾は、下位脳幹での誘発反応の分布を、骨盤神経の直腸枝と膀胱枝に分けて刺激し、伝導速度はいずれも12~23 m/secであるが、中位延髄の背外側部、孤束近傍では特に直腸枝の投射が優勢であり、両枝の投射間には抑制的相互干渉があると述べた。沖¹²⁾は、骨盤神経一次求心性線維は主にS₂中間灰白質Rexed V層に終末し、その伝導速度は27.5 m/sec以下であるとの結果を得た。長谷川¹³⁾は、大脳皮質表面から誘発反応を記録したが、その分布は両側性に、ant. sigmoid gyrusの後部とpost. sigmoid gyrusの前部、orbital sulcus後端沿いのectosylvian gyrusの前部、orbital gyrus及びansate sulcus近傍のmarginal gyrus前部であり、その立ち上がり潜時は16~26 msecであった。永谷³¹⁾は、視床後外側腹側核における骨盤神経求心系の投射部位を検索し、その背外側部に立ち上がり潜時12~13 msecの誘発反応を認めた。若松³²⁾は、視床髄板内核群、中脳網様体及び赤核にお

る骨盤神経求心系の投射を確認し、特に正中中心核への投射は、脳幹を介した多シナプス性の経路であると主張した。

骨盤神経求心系伝導路の脊髄横断位における位置について、Barrington³³⁾は、脊髄切截後のネコを観察し、腰髄における排尿に関与する求心系は、後側索表層部を上行すると報告した。McMichael³⁴⁾は排尿障害をきたしたErb氏脊髄マヒの患者の剖検で、腰髄後側索に変性を認めた。Nathanら^{35)~37)}は臨床例から、膀胱充満感及び尿道の痛覚、温度覚は、ヒト中部胸腰髄位では対側側索表層を上行すると述べた。呂³⁸⁾はネコ骨盤神経血圧反射を指標とした切截実験で、その求心系は胸髄では両側性に一部後索を、大部分は前側索を上行するとした。Yamamotoら¹¹⁾は、骨盤神経腹圧反射を指標とすると、その求心系は両側性に腰髄及び下部胸髄では後側索に、頸髄では側索中央の表層部であると主張した。大脳皮質誘発反応を指標とした切截実験¹⁹⁾では、頸髄におけるその求心系は、側索中央より腹側のかかなり広範囲に分布する結論が得られている。

遠心系伝導路に関しては、Budge³⁹⁾はイヌの頸髄(C₆)で、前側索を電気刺激して直腸及び膀胱の運動を認めた。Nathanら⁴⁰⁾は臨床例を検討して、その遠心路は脊髄全長を通じて側索中央部を通るとした。倉智⁴¹⁾はMarchi法により、延髄内膀胱収縮中枢からの下行路は、側索の外側網様体脊髄路を通るとし、膀胱弛緩中枢からの下行路は、側索の腹側網様体脊髄路を通ると主張した。このように、骨盤神経の脊髄内伝導路が、後側索あるいは前側索と異なった結果が得られた原因として、脊髄断面における伝導路の位置が脊髄の高さにより異なる事、電気刺激誘発反応、尿意排尿反射、腹圧反射等、指標とする反応の差異、および、求心系と遠心系が混同されて論じられてきたからと考えられる。

今回、ネコ骨盤神経電気刺激により脊髄側索で得られた反応は、短潜時反応(N₁)と長潜時反応(N₂)の2種類が記録された。各レベルでの潜時を比較すると、N₁はC₂₋₃ではTh₁₁₋₁₂より2.6 msec長く、これに対しN₂はC₂₋₃ではTh₁₁₋₁₂より5.4 msec短かい。また、頸髄の半切截によって、切截部より尾部で得られた反応はN₁のみである。従って、N₁は求心系反応であり、脊髄内伝導速度を求めると、平均34.5 m/secであった。この数値は、脊髄後根より得られる求心系の最も速い成分(50 m/sec)と腹圧反射に関係する成分(25 m/sec)の中間を示す。側索の切截部より吻側で得られた反応はN₂のみであり、これは対側の側索を上行し、反射中枢より下行した遠心系反応といえる。脊髄内伝導速度を求めると、平均16.6 m/secであるが、

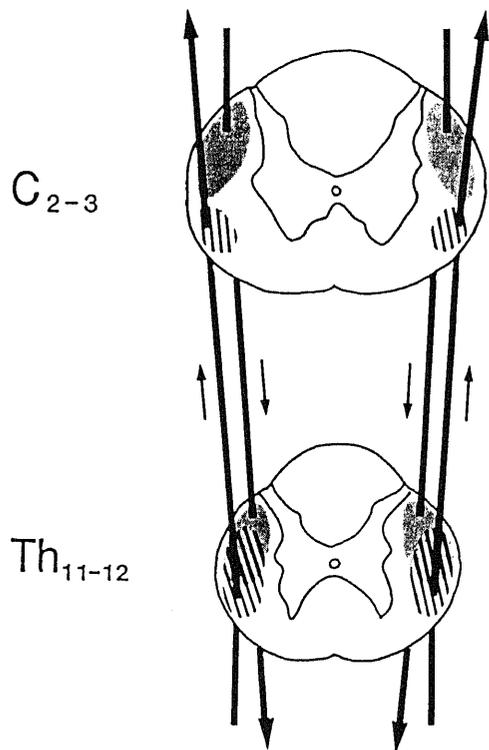


Fig. 10. Diagram of pelvic afferent pathways and efferent pathways in the spinal cord. Upward arrows indicate afferent pathways, downward arrows do efferent pathways.

そのばらつきは著明であり、効果器の種類による差が大きいと考えられる。

求心系、遠心系と同定された N_1 、 N_2 から、脊髓断面における伝導路の位置は、求心系は下部胸髄では主として後側索に、上部頸髄では前側索の限局した部位に位置する。これに対し遠心系は上部頸髄、下部胸髄とも、後側索を中心に一部前側索にわたる広い範囲に分布するとの結論が得られた (図 10)。

French ら⁴²⁾は、バルビタール剤を投与すると、脳幹網様体における体性感覚誘発電位が、大脳皮質知覚領のそれよりも著明に抑制される事より、この薬剤は脳幹に働くものとした。Yamamoto ら⁴³⁾は、大脳皮質及び脳幹網様体の誘発単位発射を同時記録する事により、シナプスを多く含む経路ほどこの薬剤に敏感であると主張した。また山本⁹⁾は骨盤神経腹圧反射は、中脳-橋間の切断では影響を受けず、延髄吻側部での切断では著しく増大し、延髄の下端での切断で消失する事実から、反射の中樞を延髄の中～下部と同定し、上位脳幹から抑制を受けるものと主張した。本実験で上位頸髄 C_{2-3} における N_1 と N_2 の潜時差は約 10 msec であるが、バルビタール剤投与により、 N_1 は増大し、 N_2 は著明に抑制され、この反射の中樞は延髄である事が推定される。以上の事から、 N_1 が脊髓内の上行性反応であるのに対し、 N_2 は脊髓-延髄-脊髄反射による多シナプスニューロンの下行性反応で、後側索、一部前側索に広く分布する経路であり、少なくとも腹圧反射に関係する呼吸筋、並びに排尿、排便の働きに寄与するものと考えられる。

結 論

浅麻酔非動化ネコの骨盤神経を電気刺激し、電子計算機による平均加算法を用いて、脊髓内誘発反応を記録した。

1. 誘発反応は両側性に脊髓側索から得られ、後索からは得られなかった。その潜時差より、短潜時反応 (N_1) と長潜時反応 (N_2) の 2 種類に分けられた。

2. 上部頸髄 (C_{2-3}) では、 N_1 の平均頂点潜時は 17.2 ± 3.9 msec で前側索に限局しており、 N_2 の平均頂点潜時は 33.2 ± 5.7 msec で後側索及び一部前側索に分布した。

3. 下部胸髄 (Th_{11-12}) では、 N_1 の平均頂点潜時 14.6 ± 3.4 msec であり、 N_2 は 38.6 ± 6.7 msec である。いずれも、主として後側索を中心に分布した。

4. 2 発刺激を行なうと、 N_1 は回復が早く、 N_2 は回復に 150 msec 以上要した。一方、バルビタール剤投与を行なうと、 N_1 は振幅の増大を示すのに対し、 N_2 は著明に振幅を減少した。

5. 頸髄側索切截すると、 N_1 はその尾側から、 N_2 は吻側からのみ得られ、潜時差と共に、 N_1 は求心系反応であり、 N_2 は遠心系反応である事が証明された。

6. 上部頸髄 (C_{2-3}) 及び下部胸髄 (Th_{11-12}) における N_1 の潜時差より、骨盤神経求心系の脊髓内伝導速度を求めると、平均 34.5 m/sec であり、同様に N_2 の潜時差より、骨盤神経遠心系の脊髓内伝導速度を求めると、平均 16.6 m/sec であった。

謝 辞

稿を終えるに臨み、終始御懇篤な御指導と御校閲を賜りました恩師山本信二郎教授に深甚の謝意を表します。また本研究の遂行にあたり常に適切な御指導と御教示を賜った伊藤治英助教授他教室員の皆様に深く感謝致します。

文 献

- 1) Yamamoto, S., Araki, K. & Kikuchi, M.: Abdominal muscle reflex of pelvic nerve origin in cats. *Exptl. Neurol.*, 4, 345-357 (1961).
- 2) Yamamoto, S., Araki, K. & Kikuchi, M.: Electromyographic study on reflex activity in abdominal wall muscles and diaphragm following pelvic afferent excitation in cats. *Tohoku J. Exper. Med.*, 75, 375-383 (1961).
- 3) 山本信二郎: 腹圧反射より見た内臓知覚の問題。脳と神経, 14, 99-104 (1962).
- 4) 山本信二郎: 痛みの伝導路。臨床生理, 3, 31-36 (1973).
- 5) Kuru, M.: On the pelvic equivalent of the sensory vagus. Further contributions to the study of the sacro-bulbar connections and their relation to the bulbar vasomotor centers. *Jap. J. Physiol.*, 1, 240-253 (1951).
- 6) Kuru, M., Kurati, T. & Koyama, Y.: The bulbar vesico-constrictor center and the bulbo-sacral connections arising from it. A study of the function of the lateral reticulo-spinal tract. *J. Comp. Neurol.*, 113, 365-388 (1959).
- 7) Kuru, M., Koyama, Y. & Kurati, T.: The bulbar vesico-relaxer center and the bulbo-sacral connections arising from it. A study of the function of the ventral reticulo-spinal tract. *J. Comp. Neurol.*, 115, 15-26 (1960).
- 8) Kuru, M.: Nervous control of mictrition. *Physiol. Rev.*, 45, 425-465 (1965).
- 9) Yamamoto, S. & Araki, K.: Intra-abdominal

- pressure response to medullary stimulation in cats. *Exptl. Neurol.*, **5**, 110-119 (1962).
- 10) Yamamoto, S. & Araki, K.: Influence of brain stem on intra-abdominal pressure reflex of pelvic nerve origine. *Exptl. Neurol.*, **7**, 35-45 (1963).
- 11) 石黒修三: 下位脳幹における骨盤神経求心系の投射ならびに投射部位の相互関係について. 十全医会誌, **81**, 44-64 (1972).
- 12) 沖 春海: ネコ骨盤神経求心系の仙髄への投射. 十全医会誌, **87**, 22-34 (1978).
- 13) 長谷川健: ネコ骨盤神経求心系の大脳皮質への投射. 十全医会誌, **88**, 138-154 (1979).
- 14) Langley, J. N.: The autonomic nervous system. *Brain*, **26**, 1-26 (1903).
- 15) Langley, J. N.: The nomenclature of the sympathetic and of the related systems of nerves. *Zbl. f. Physiol.*, **27**, 149-152 (1913).
- 16) 山本信二郎: 体性と内臓性の間-Oro-Anal System-神経支配の特異性. 生体の科学, **15**, 45-52 (1964).
- 17) Eckhardt, C.: Die Erektion des Penis beim Hunde. *Beitr. Anat. u. Physiol.*, **3**, 123-166 (1863).
- 18) Langley, J. N. & Anderson, H. K.: On the innervation of the pelvic and adjoining viscera. *J. Physiol.*, **18**, 67-105 (1895).
- 19) Iggo, A.: Tension receptors in the stomach and the urinary bladder. *J. Physiol.*, **128**, 593-607 (1955).
- 20) 福山右門: 骨盤内臓神経の線維分析. 自律神経, **6**, 3-5 (1969).
- 21) 井村正人: 雄性日鼠の骨盤臓器に分布する神経, 特に, 膀胱の支配神経について. 十全医会誌, **63**, 295-325 (1959).
- 22) Patton, H. D.: Taste, Olfaction and visceral sensation, *In* J. F. Fulton (ed.), *A Text Book of Physiology*, 17th ed. p377-398, W. B. Saunders, Philadelphia, 1955.
- 23) Amassian, V. E.: Cortical representation of visceral afferents. *J. Neurophysiol.*, **14**, 433-444 (1951).
- 24) Amassian, V. E.: Fiber groups and spinal pathways of cortically represented visceral afferents. *J. Neurophysiol.*, **14**, 445-460 (1951).
- 25) Aider, O., Geohagan, W. A. & Ungewitter, L. H.: Splanchnic afferent pathways in the central nervous system. *J. Neurophysiol.*, **15**, 131-138 (1952).
- 26) Downman, C. B. B. & Evans, M. H.: The distribution of splanchnic afferents in the spinal cord of cat. *J. Physiol.*, **137**, 66-79 (1957).
- 27) Kuo, D. C. & De Groat, W. C.: Primary afferent projections of the major splanchnic nerve to the spinal cord and gracile nucleus of the cat. *J. Comp. Neurol.*, **231**, 421-434 (1985).
- 28) White, J. C.: Sensory innervation of the viscera. *Res. Publ. Ass. Nerv. Ment. Dis.*, **23**, 373-390 (1943).
- 29) Yamamoto, S., Sugihara, S. & Kuru, M.: Microelectrode studies on sensory afferents in the posterior funiculus of cat. *Jap. J. Physiol.*, **6**, 68-85 (1956).
- 30) 富子達史: 骨盤神経直腸枝および膀胱枝の下位脳幹への投射. 十全医会誌, **85**, 321-333 (1976).
- 31) 永谷 等, 北村佳久, 長谷川健, 伊藤治英, 山本信二郎: ネコ骨盤神経求心系の視床外側腹側核への投射. 自律神経, **21**, 434-444 (1984).
- 32) 若松弘一: ネコ骨盤神経求心系の視床髄板内核群, 中脳網様体, および赤核への投射. 十全医会誌, **95**, 145-160 (1986).
- 33) Barrington, F. J. F.: The localization of the paths subserving mictrition in the spinal cord of the cat. *Brain*, **56**, 126-148 (1933).
- 34) McMichael, J.: Spinal tracts subserving mictrition in a case of Erb's spinal paralysis. *Brain*, **68**, 162-164 (1945).
- 35) Nathan, P. W. & Smith, M. C.: The centripetal pathway from the bladder and urethra within the spinal cord. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, **14**, 262-280 (1951).
- 36) Nathan, P. W.: Thermal sensation in the bladder. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, **15**, 150-151 (1952).
- 37) Nathan, P. W.: Awareness of bladder filling with divided sensory tract. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, **19**, 101-105 (1956).
- 38) 呂 震義: 骨盤神経の電気刺激による血圧変動とその求心性線維に関する実験的研究. 大阪大医誌, **11**, 1895-1905 (1959).
- 39) Budge, J.: Über den Einfluss des Nervensystems auf die Bewegung der Blase. *Z. rat. Med.*, **21**, 1-16, 174-191 (1864).
- 40) Nathan, P. W. & Smith, M. C.: The centrifugal pathway for mictrition within the spinal cord. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, **21**, 177-189 (1958).

41) 倉智武志: 延髄内膀胱収縮中枢並びに膀胱弛緩中枢よりの下降性経路に関する実験的研究. 大阪大医誌, 9, 69-82 (1957).

42) French, J. D., Verzeano, M. & Magoun, H. W.: An extralemniscal sensory system in the brain.

Arch. Neuro. Psychiat., 69, 505-518 (1953).

43) Yamamoto, S. & Schaeppi, U.: Effects of pentothal on neural activity in somatosensory cortex and brain stem in cat. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 13, 248-256 (1961).

Potentials Evoked in the Spinal Cord by Stimulation of the Pelvic Nerve in Cats
Yoshihisa Kitamura, Department of Neurosurgery, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920—J. Juzen Med. Soc., 96, 811—822 (1987)

Key words: Pelvic nerve, Afferent pathways, Efferent pathways, Spinal cord, Spino-bulbo-spinal reflex

Abstract

The pelvic nerve was stimulated in slightly anesthetized and immobilized cats, and potential changes induced thereby in the spinal cord were averaged and recorded. No potential changes were detected in the dorsal funiculus. Evoked potentials in the bilateral lateral funiculus were composed of short latency responses (N_1) and long latency responses (N_2). At the upper cervical level (C_{2-3}), N_1 were recorded in the anterolateral funiculus at latencies of 17.2 ± 3.9 msec and N_2 in the posterolateral funiculus and partially in the anterolateral funiculus at latencies of 33.2 ± 5.7 msec. At the lower thoracic level (Th_{11-12}), N_1 (14.6 ± 3.4 msec) and N_2 (38.6 ± 6.7 msec) were recorded chiefly in the posterolateral funiculus. When preceded by a conditioning stimulation, N_1 induced by the test stimulation fully recovered at stimulus intervals of 100 msec or more. But a stimulus interval of more than 150 msec was necessary for a complete recovery of N_2 . Thiamylal sodium (10 mg/kg) increased the amplitude of N_1 , but decreased that of N_2 . After sectioning of the lateral funiculus at the cervical level (C_2), N_1 was still detectable under the level (C_{2-3}) and N_2 was detectable over the level (C_{1-2}). These experiments showed that N_1 was caused by afferent pathways and N_2 by efferent ones. The conduction velocity was calculated from the latency difference between C_{2-3} and Th_{11-12} . The conduction velocities of the pelvic afferent pathways and efferent ones in the spinal cord were 34.5 m/sec and 16.6 m/sec, respectively. It was suggested that pelvic afferent pathways ascended chiefly in the posterolateral funiculus at the lower thoracic level and in the anterolateral funiculus at the upper cervical level. And pelvic efferent pathways caused by the spino-bulbo-spinal reflex descended chiefly in the posterolateral funiculus at the upper cervical and lower thoracic level.