ネコ骨盤神経求心系の小脳皮質への投射

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: 四十住, 伸一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/7993

金沢大学十全医学会雑誌　第96巻　第6号　1143－1154　(1987)

ネコ骨盤神経求心系の小脳皮質への投射

金沢大学医学部脳神経外科学講座（主任：山本信二郎教授）
四十住　伸　一

(昭和62年11月20日受付)

骨盤神経求心系の小脳皮質への投射を検索する目的で，クロラローズ麻酔，ガラミン非動化ネコ30匹を用いて，骨盤神経を電気刺激し，小脳より誘発電位を記録した．一側骨盤神経刺激による小脳皮質誘発電位は，両側性に，山頂および単小葉より記録された．特に，山頂後部，単小葉の旁虫静脈より内側で最大の誘発電位が記録された．その波形は陽性－陰性二相性波で，閾値は0.9±0.1 (mean±SD) V，立ち上がり潜時は17.3±1.9 msec，最大振幅は275±34 μV であった．骨盤神経刺激による小脳皮質誘発電位は，10 mg/kg 以下のサイアミラールソディウムの静脈内投与で容易に抑制された．一側骨盤神経刺激により，両側下小脳脚より，陰性単相波が記録された．その立ち上がり潜時は，小脳皮質誘発電位のそれに比べ1.2±0.1 msec 短かった．小脳皮質誘発電位は，上位頸髄（C2-3）の後索の切截では変化は認めなかったが，一側前側索の切截により振幅は減少し，両側前側索の切截により完全に消失した．以上の結果は，骨盤神経求心系が，多シナプス性であり，上位頸髄では両側性に前側索を上行し，下小脳脚を通って，小脳皮質の山頂および単小葉の主として正中部に投射することを示す．

Key words　pelvic nerve, afferent pathway, cerebellum, cat

姿勢，運動の制御という小脳の働きと系統発生学的に小脳が前庭機能と関係が深いことより，小脳は，長い間，前庭や筋・腱の固有受容器からの求心性入力だけを受けると考えられていた．しかし，誘発電位の方法が用いられるようになって，小脳が固有受容器からの求心性入力ばかりでなく，皮膚の外受容器や視覚・聴覚のような特殊感覚系からの求心性入力も受けていることが明らかにされた[1]．

1938年 Morruzi[2]は，知覚神経刺激による昇圧反射や迷走神経刺激による血管拡張反射が小脳前葉の刺激により抑制されることを発見した．以来，室頂核およびこれに関連する虫部，特に前葉が自律神経系機能に関係することが知られるようになった．

小脳の刺激および破壊の自律神経系に及ぼす影響を検討した遠心系の報告が多数みられるが，自律神経求心系の小脳への投射に関する報告は少なく[3)~9)]，骨盤神経に関しては，Bradley ら[10]の報告をみるにすぎない．

本実験では，骨盤神経電気刺激による誘発電位を小脳より記録し，骨盤神経求心系の小脳皮質への投射を検討するとともに，その脊髄内伝導路についても検討した．

材料および方法

I．材　料

実験には，2.5～4.5 kg の成ネコ30匹を使用した．

II．方　法

1．麻　酔

エーテル麻酔下に気管切開を行ない気管カニューレを挿入した．股静脈にポリエチレンチューブを挿入して静脈路を確保した後，2％ガラミントリエチオダイドの静注により非動化し，人工呼吸器にて陽圧呼吸を維持した．手術創および固定器による圧点には，1％リドカインを注射した．維持麻酔には，α-クロラローズを用いた．初回20 mg/kg を投与し，6～8時間毎に同量を追加投与した．総量は40～60 mg/kg であった．実験室の室温は27°C に保ち，温水パッドにて，ネコの体温を36～38°C に維持した．

2．手　術

Yamamoto ら[11]の方法に従って，下腹部に正中切開を行ない，両側の骨盤神経を露出し，直腸外側壁の位置で2 mm 間隔の銀線双極電極を装着し刺激電極とした．電極周囲には，流動パラフィンを含ませた綿とパラフィン絶縁膜を置き，神経の乾燥と電流の漏洩に

よる障害を防いだ．また，骨盤神経に近接して存在する閉鎖神経と下腹神経は圧挫切断した．腹壁を縫合した後，頭部を定位脳装置に固定した．後頭部を正中切開し，デンタルドリル，骨鉗子にて後頭下開頭を行ない小脳を露出した．小脳前葉の広汎な露出を必要とした例では，後頭開頭を加え後頭葉を切除した後，骨性テントを除去し，小脳前葉を露出した．骨盤神経の脊髄内求心路の位置の検索には，第1-3頸椎椎弓切除を行ない，手術顕微鏡下に第2-3頸髄根間レベルで，双極電気メスを用いて脊髄切截を行なった．露出した小脳，脊髄は，乾燥を防ぐため，体温（36～38°C）に温めた流動パラフィンで覆った．

3．骨盤神経の電気刺激および誘発電位の記録

骨盤神経の電気刺激には，アイソレーターを介した電子管刺激装置（日本光電，MSR-3R）により，0.5 msecの短形波電流を使用した．小脳皮質誘発電位の記録には，直径0.8 mmの銀ボール電極を使用した．下小脳脚よりの誘発電位の記録には，直径0.2 mmのステンレス線をカシューコーテングし，先端より0.1 mmの絶縁部分を剝離した針電極を使用した．これを羽場[12]のネコ脳幹座標図に基づいて，マイクロマニピュレーターを用い定位脳的に下小脳脚に挿入した．誘発電位の記録はいずれも単極誘導で行ない．不関電極は側頭筋に置いた．CR増幅器（日本光電，RB-2）により増幅し，これを電子計算機（日本光電，ATAC501-10）により10回平均加算し，X-Yレコーダー（横河，Type3077）にて記録した．増幅器の時定数は0.3秒に設定した．

4．記録部位の確認

小脳皮質において誘発電位を記録した部分はすべて墨汁でマークし，実験終了後その位置を確認した．下小脳脚における記録の終了後，電極を陰性として直流通電し，電極先端部に微小壊死巣を作成した．実験終了後，脳および脊髄を取り出し，10%ホルマリンで固定，セロイジン包埋した後，50 μmの連続切片を作成し，それぞれニッスル染色，ワイル氏髄鞘染色を行ない，電極の位置および切截部位を検索した．

成　　績

I．骨盤神経刺激による小脳皮質誘発電位

1．小脳皮質誘発電位の波形，閾値，潜時，振幅

骨盤神経刺激により記録された小脳皮質誘発電位は，陽性波とそれに続く比較的緩徐な陰性波から成る二相性波を示し，基本的には，小脳皮質表面の部位による波形の差は認められなかった．誘発電位と刺激閾値，潜時，振幅の検討には，最大の反応が得られる山頂後部の正中部で記録される誘発電位を対象とした．

図1は，骨盤神経に0～5 Vの電気刺激（持続0.5 msec, 矩形波，頻度0.5 Hz）を与えた時の小脳皮質誘発電位の変化を示す．誘発電位は，0.9±0.1 V（mean ±SD, n＝18）以上の刺激強度で出現し，刺激強度が増すに従って振幅は増大するが，4 Vの刺激で最大（275±32 μV）となり，それ以上刺激強度を上げても振幅の増大は認められなかった．立ち上がり潜時（initial latency）は，刺激強度による変化はみられず17.3±9.1 msecであった．陽性波の頂点潜時（peak latency）は，刺激の増大によりわずかに短縮し，最大振幅時の頂点潜時は，30.5±9.1 msecであった．

2．小脳皮質誘発電位の分布

図2は，左骨盤神経を最大強度（0.5 msec, 4 V, 0.5 Hz）で刺激した時の小脳皮質誘発電位の分布を示す．誘発電位は，両側性に，山頂，単小葉では50～400 μVのものが，係蹄小葉第I脚，虫部葉では50 μV以下のものが記録された．他の小脳皮質では，誘発電位は記録されなかった．表1は，誘発電位の立ち上がり潜時と振幅および標準偏差を示す．誘発電位の立ち上がり潜時は，単小葉，山頂後部の旁虫静脈より内側部で短く，外側部，山頂前部では延長した．立ち上がり潜時の左右差は，認められなかった．誘発電位の振幅は，山頂後部，次いで単小葉の旁虫静脈より内側部で大き

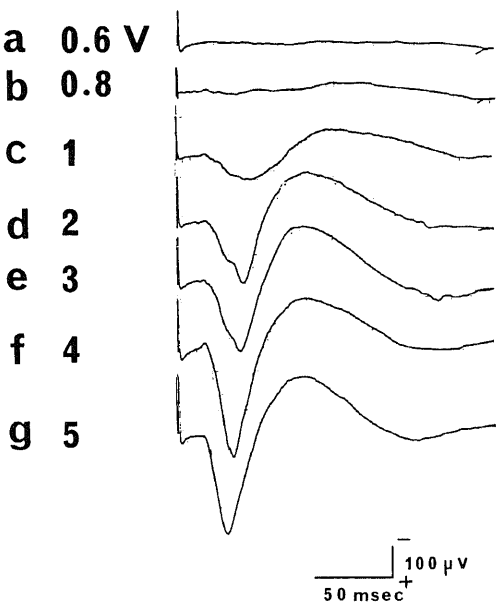

Fig. 1. Evoked potentials recorded from the cerebellar cortex in response to stimulation of the pelvic nerve. Ten responses were averaged. Records a, b, c, d, e, f and g show potential changes evoked at intensities of 0.6, 0.8, 1, 2, 3, 4 and 5 V, respectively.

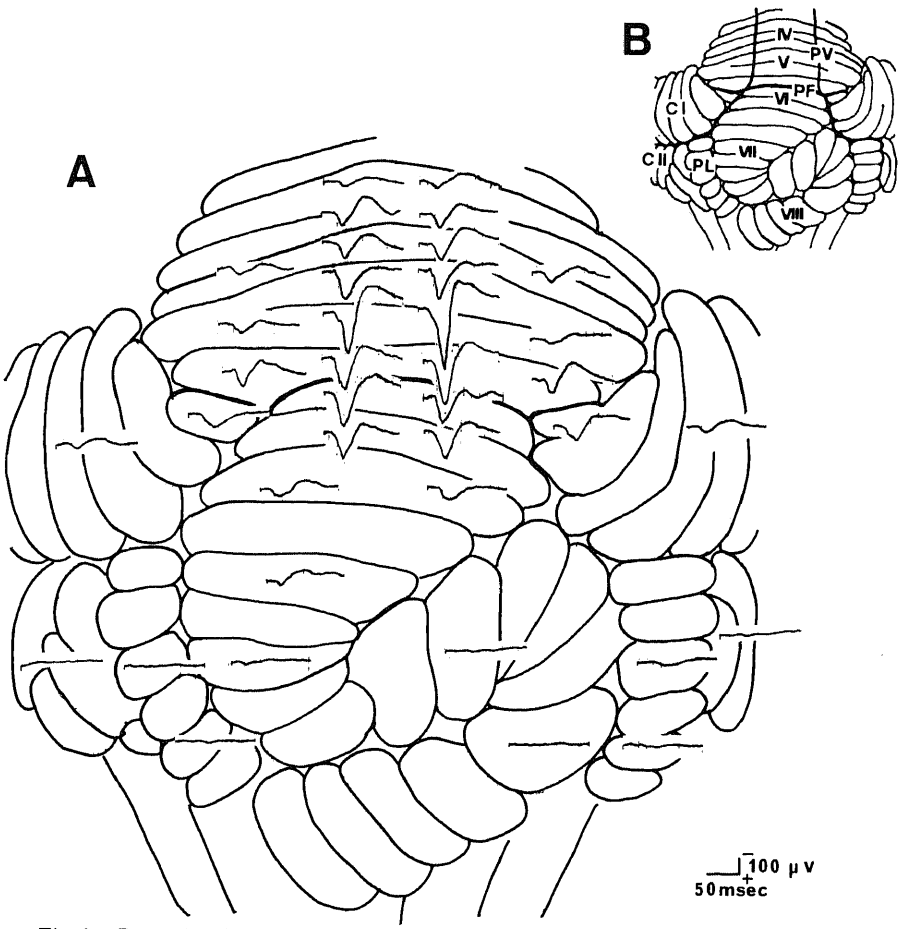

Fig. 2. Receptive field of the cerebellar cortex responding to stimulation of the left pelvic nerve. A shows distribution of evoked potentials and B shows names of lobules of the cerebellar cortex. The abbreviations are as follows: FP, primary fissure ; PV, paramedian vein ; IV and V, lobules IV and V (culmen) ; VI, lobule VI (lobulus simplex) ; VII, lobule VII (folium and tuber vermis) ; VIII, lobule VIII (pyramis vermis) ; C I, crus I ; C II, crus II ; PL, paramedian lobule.

Table 1. Initial latencies and amplitudes of evoked potentials recorded from the cerebellar cortex in response to stimulation of the left pelvic nerve

Lobule		n	Initial Latency(msec) Ipsi.	Initial Latency(msec) Contra.	Amplitude(μV) Ipsi.	Amplitude(μV) Contra.
IV	Medial	12	19.8±2.7	19.9±1.9	100±30	95±30
	Lateral	4	20.9±3.0	21.0±4.2	70±44	67±31
V	Medial	12	16.8±1.0	17.1±0.8	225±36	250±54
	Lateral	8	20.6±2.1	20.8±1.0	87±31	68±40
VI	Medial	8	16.3±2.2	16.7±2.4	188±72	181±66
	Laterl	4	17.8±1.6	18.7±1.2	100±52	110±41

(Mean ± SD)

く，外側部，山頂前部で記録された誘発電位の2～4倍であった．振幅の左右差は，認められなかった．

3．刺激頻度による小脳皮質誘発電位の変化

図3は，0.2～10 Hzの頻度で骨盤神経に最大刺激(4 V)を与えた時の小脳皮質誘発電位の変化を示す．1 Hz未満の刺激では，誘発電位の振幅に変化を認めないが，1 Hzでは79.4±8.5%（n=4），3 Hzでは39.4±6.6%，5 Hzでは15.3±4.8%，7 Hzでは7.7±5.3%に減少し，10 Hzでは，完全に抑制された．

4．小脳皮質誘発電位の回復曲線

骨盤神経に50～1000 msecの間隔で最大強度（4 V)の二発刺激を与え，小脳皮質誘発電位の変化をみた．図4Aは，誘発電位の変化を示す．図Bは，第一刺激の誘発電位に対する第二刺激の誘発電位の陽性波の振幅の比をグラフで示す．誘発電位は，100 msec以下の刺激間隔では完全に抑制されるが，150 msecでは6.7±2.6%（n=4），300 msecでは51.2±11.2%，500 msecでは91.6±2.0%に，800 msec以上では完全に回復した．

5．両側骨盤神経刺激による小脳皮質誘発電位の変化

図5は，右，左および左右同時に骨盤神経を刺激した時の小脳皮質誘発電位の変化を示す．図Aは，閾値下（0.8 V)の刺激を与えた時の変化を示す．一側の骨盤神経刺激では誘発電位は得られないが，両側の骨盤神経刺激により60.4±16.4 μV（n=4）の誘発電位が出現し，促通（facilitation)現象がみられた．図Bは，最大刺激（4 V)を与えた時の変化を示す．両側の骨盤神経刺激では，一側の刺激に比べて誘発電位の振幅は143±17%に増大するが各々の和よりも小さく，減却（occlusion）現象がみられた．

6．バルビタール剤投与による小脳皮質誘発電位の変化

小脳皮質誘発電位に及ぼすバルビタール剤の影響をみるために，短時間作用性のサイアミラールソディウムを静脈内投与した．図6は，投与1分後の誘発電位の変化を示す．2 mg/kgの少量投与で誘発電位の振幅は，55.3±5.6%（n=4)に，5 mg/kgでは24.0±2.2%に低下し，10 mg/kgでは完全に抑制された．しかし，

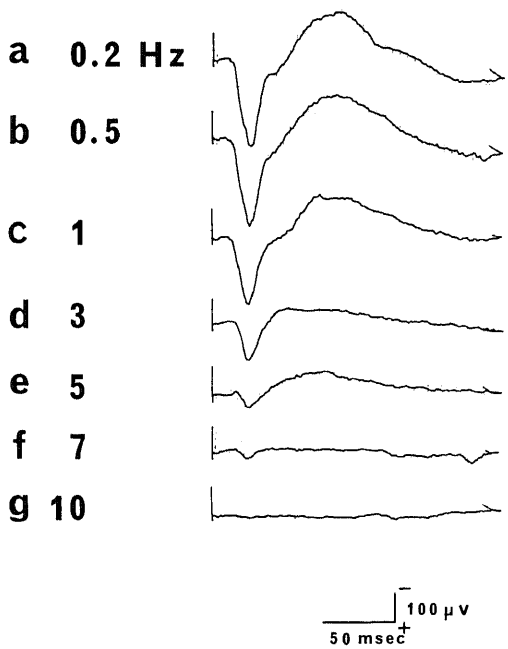

Fig. 3. Effects of the stimulus frequency on evoked potentials recorded from the cerebellar cortex. Records a, b, c, d, e, f and g show potential changes evoked at frequencies of 0.2, 0.5, 1, 3, 5, 7 and 10 Hz, respectively.

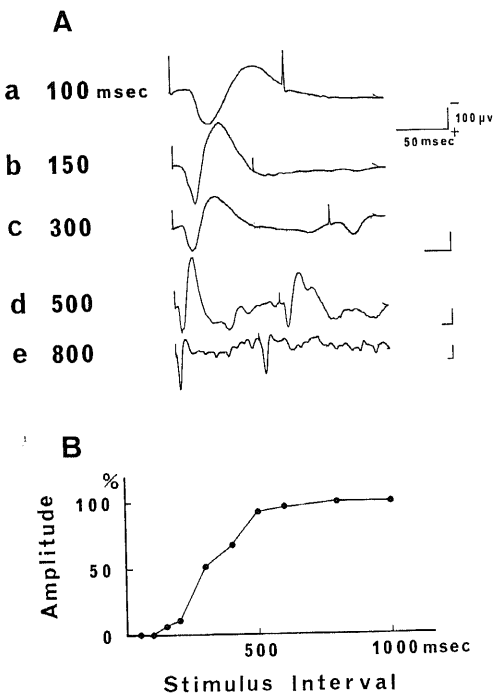

Fig. 4. Supression of the second responses to paired stimulation. Stimuli were delivered twice to the pelvic nerve at various short intervals and potential changes were recorded from the cerebellar cortex. A, Records a, b, c, d and e show potential changes evoked at intervals of 100, 150, 300, 500 and 800 msec, respectively. B shows graphically the relation between stimulus interval and potential amplitude.

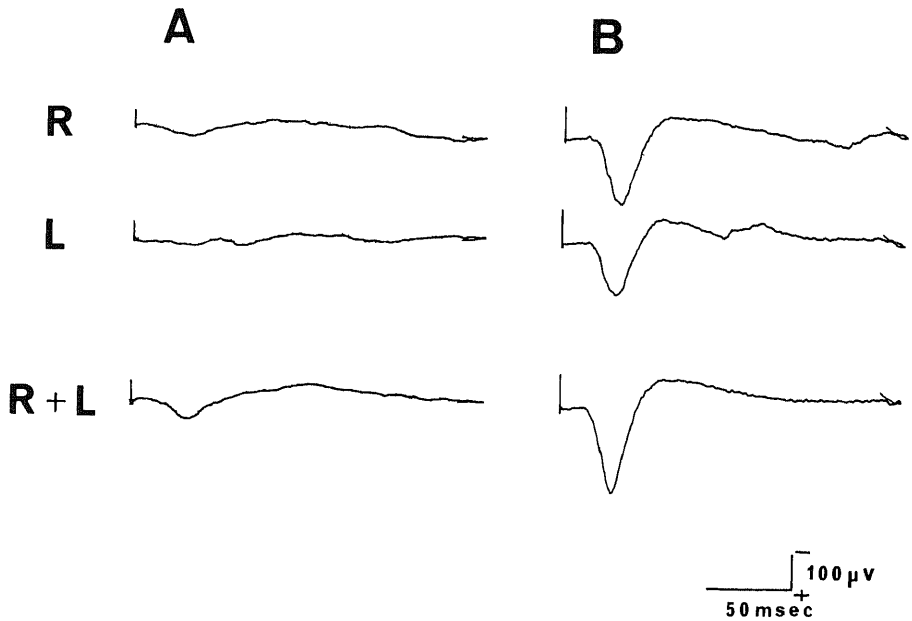

Fig. 5. Facilitation and occlusion of evoked potentials recorded from the cerebellar cortex. R and L show responses evoked by unilateral stimulation of the right and the left pelvic nerves, respectively. R+L shows responses evoked by simultaneous stimulation of bilateral pelvic nerves. A shows responses evoked by subthreshold stimulation. B shows responses evoked by supuramaximal stimulation.

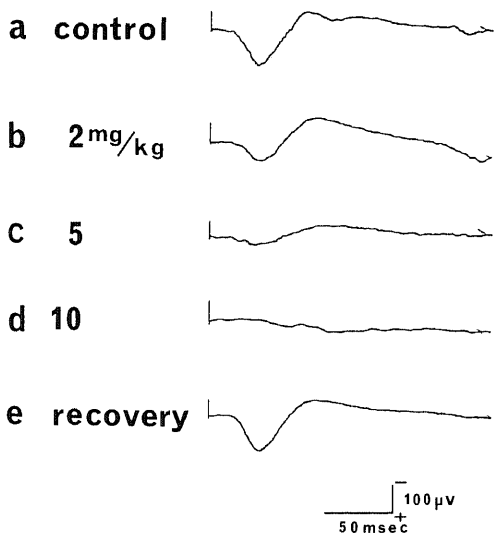

Fig. 6. Effects of thiamylal sodium on evoked potentials recorded from the cerebellar cortex. Records a, b, c and d show potential changes evoked at doses of thyamilal sodium, 0, 2, 5 and 10 mg/kg, respectively and record e shows recovery at 60 min after administration of 10 mg/kg thyamilal sodium.

その作用時間は短く，30～60分後には，誘発電位は投与前の大きさに回復した．

II．骨盤神経求心系の小脳投射路の検討

1．下小脳脚における誘発電位

図7は，左骨盤神経を最大強度（4 V）で刺激した時，下小脳脚より得られた誘発電位を示す．誘発電位は，両側下小脳脚より記録された．その波形は，陰性単相性波で，左右差は認められなかった．立ち上がり潜時は，17.2±2.3 msec（n=4）で，小脳皮質誘発電位のそれより1.2±0.1 msec短かった．

2．小脳皮質誘発電位に及ぼす脊髄切截の影響

第2-3頸髄根間レベルで脊髄切截を行い，骨盤神経刺激による小脳皮質誘発電位に及ぼす影響をみた．図8は，その時みられた誘発電位の変化を示す．後索の切截では，誘発電位に明らかな変化は認められなかった．一側前側索の切截により，同側骨盤神経刺激による誘発電位は66.5±12.5%（n=6），対側骨盤神経刺激による誘発電位は38.6±19.7%に減少し，両側の前側索の切截により，誘発電位は完全に消失した．

考　　察

Langley[13]は，自律神経を形態と機能の違いによっ

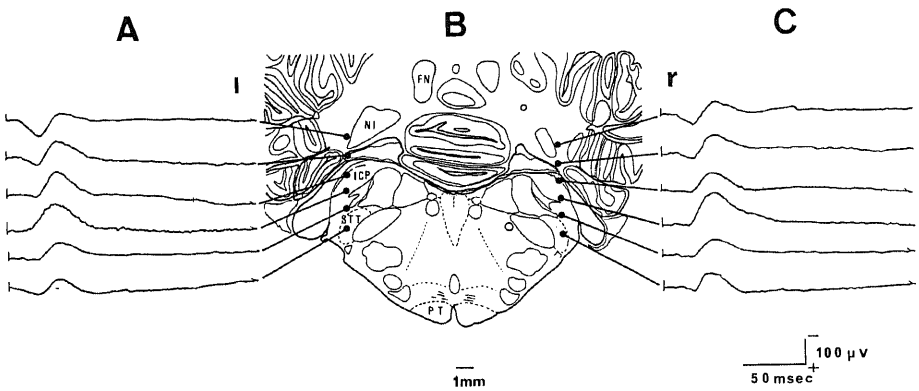

Fig. 7. Evoked potentials recorded from the inferior cereballar peduncles in response to stimulation of the left pelvic nerve. A and C show evoked potentials on the left and the right sides, respectively. B shows the transverse section 4 mm posterior to the interauricular line according to the Haba's atlas[12]. Abbreviations are as follows : ICP, inferior cerebellar peduncle ; STT, spinal trigeminal tract ; PT, pyramidal tract ; FN, fastigial nucleus ; NI, nucleus interpositus.

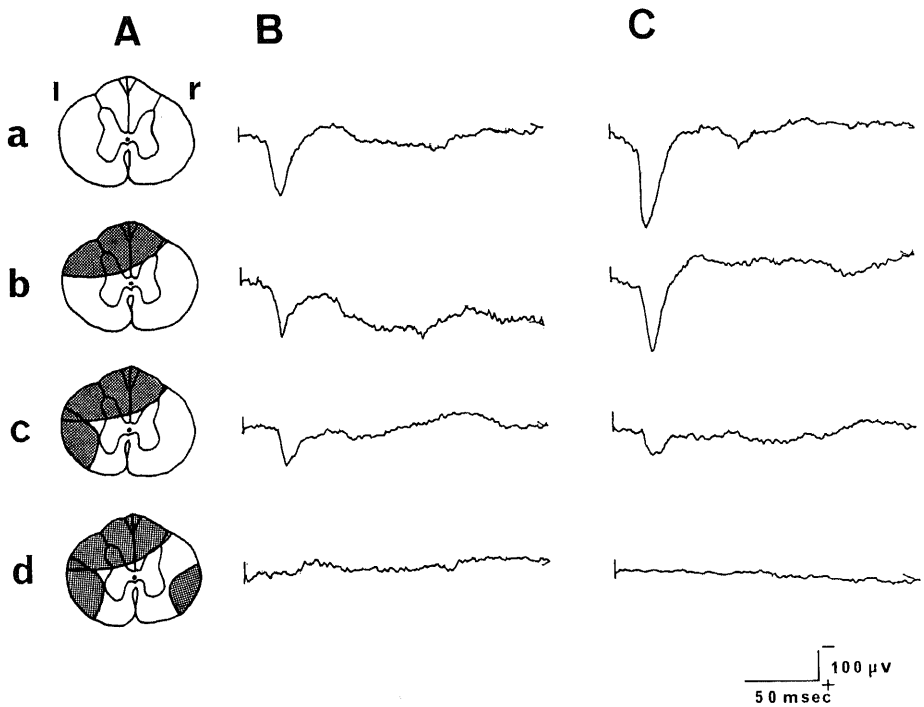

Fig. 8. Effects of the spinal cord sectioning at C2-3 level on evoked potentials recorded from the cerebellar cortex. B and C show evoked potentials in response to stimulation of the left and the right pelvic nerves, respectively, from above downward, before sectioning (a), after section of bilateral posterior funiculi (b), after section of bilateral posterior funiculi and the left anterior lateral funiculus (c), and after section of bilateral posterior funiculi and anterior lateral funiculi (d). A shows corresponding portions of sectioning in the upper cervical cord.

て，脳幹および仙髄よりでる副交感神経系（parasympathetic system）と胸腰髄よりでる交感神経系（sympathetic system）に分類した．副交感神経系は，眼に行く中脳系と舌咽・迷走神経を介する延髄系および骨盤神経を介する仙髄系に分けられ，後二者は系統発生学的には体節の両端（oro-anal system）に関連して発達し，自律神経と体性神経の中間の性質を示す要素が多く，全く不随意的，自律的である交感神経と著しい対比をなす[14]．自律神経系は，本来の定義では遠心系に限られる[15]が，迷走神経，内臓神経および骨盤神経には多量の求心性線維が含まれ，機能的には遠心系と密接な関係を持つため，求心系をも含めることが多い．

Patton[16]によれば，ネコ内臓神経の求心性有髄線維の径は，3～4 μm と 10 μm に峰をもつ二峰性で皮膚神経のそれと似ているのに対して，迷走神経，骨盤神経のそれは 3～4 μm に峰をもつ単峰性で大部分が $A_{\gamma\sim\delta}$ 線維群の成分によって構成され両者はよく似ている．

Yamamoto ら[11]は，ネコの骨盤神経を刺激して第2仙髄後根より記録された神経電図を指標に，伝導速度は，50, 25, 12 m/sec に峰があるが大半は 25 m/sec 以下で，骨盤神経腹圧反射（pelvicoabdominal reflex）には伝導速度の速い線維群は関係せず，25 m/sec 以下の $A_{\gamma\sim\delta}$ 線維群が関係することを示した．同様に，ネコの骨盤神経求心系の仙髄への投射では 14.5～27.5 m/sec[17]，下位脳幹への投射では 12～30 m/sec[18][19]，脊髄内伝導速度では平均 34.5 m/sec[20]で，いずれも骨盤神経求心系が主として $A_{\gamma\sim\delta}$ 線維群より成ることを示している．

小脳が体性神経系のみならず自律神経系にも関与することは古くから知られていたが，その機能局在は，Moruzzi 以降明らかになった．Moruzzi[2][21]は，除脳ネコにおいて，旧小脳（前葉）を電気刺激し，喉頭神経および坐骨神経刺激で起こる昇圧反射の抑制，迷走神経切断後の迷走神経中枢端刺激で起こる血管拡張反射の抑制，総頸動脈閉塞による血圧上昇ならびに呼吸数増加反応の抑制が起こることを報告した．また，これら自律神経の諸反射の抑制が，クラーレで非動化した後も消失せず，小脳皮質のコカインによる局所麻酔で消失することより，小脳皮質に由来すると主張した．Chamber[22][23]は，ネコの小脳に電極を埋め込み，体性運動と共に自律神経系反応を観察した．後者において最も多くみられたのは瞳孔の散大で，小脳のいずれの部位の刺激でも起こり，排尿は室頂核とその近傍の髄質と皮質の刺激によって誘発された．Zanchetti ら[24]は，視床ネコの室頂核を電気刺激し，仮性怒り，血圧の上昇，呼吸数の増加，瞳孔の散大を観察した．この反応は，室頂核の前・中部刺激で著明であり，後部刺激では軽度で部分的であった．彼らは，また，室頂核の破壊によっても自発性の仮性怒りの発現には変わりなく，除脳によって室頂核の効果が消失することより，小脳は上行性脳幹網様体を介して視床下部の機能を調節していると主張した．伴[25]は，ウレタン麻酔ウサギを用い，山頂を中心とした旧小脳（前葉）の電気刺激で，血圧の上昇，散瞳，膀胱の弛緩等の交感神経系反応を，虫部錐体の強度刺激で，血圧の下降，縮瞳の副交感神経系反応を生じ，これらの反応が除脳により消失するのをみた．

Rasheed ら[26]は，無麻酔非動化ネコの小脳を電気刺激し，各種の自律神経反応を調べた．後葉に比し前葉でより明らかな反応が得られたが，部位による一定した反応は認められなかった．Martner[27]は，クロラローズ麻酔ネコの室頂核を電気刺激し，心血管系，消化管，膀胱におよぼす影響を調べ，自律神経の緊張の違いによって反応が異なることを示した．

このように，多くの実験は，自律神経系反応を誘発する小脳の局在が，室頂核およびこれと関連する前葉を中心とした虫部にあることを示している．しかし，誘発される自律神経系反応は，麻酔の有無，刺激の強さ，自律神経の緊張度の違いによって異なった反応を示し，必ずしも一定した反応は得られていない．最近では，小脳は，自律神経系に対して常に緊張性に作用しているのではなく，相性すなわち調節性に作用していると考えられている[27~29]．

小脳で記録される誘発電位は，刺激する神経や刺激の種類に関係なく，ほとんど波形は変わらない．バルビタール系麻酔の局在性電位は，先行する陽性のゆるやかな波と，スパイク性の陽性・陰性二相性の成分からなる．クロラローズ麻酔では，先行成分の振幅は増し，スパイク性成分の持続も長くなって，全体として一つの大きな陽性波となる[30]．先行成分は苔線維入力，スパイク性の主成分は登上線維入力によるとの考え[31]や，先行成分は苔線維・顆粒細胞層に，主成分はプルキンエ細胞・樹状突起に由来するとの考え[32][33]がある．

小脳で最初に誘発電位の方法を用いたのは，Dow である．Dow[35]は，除脳ネコの第8神経を電気刺激して，片葉・小節，虫部垂，小舌，室頂核より，脊髄および脊髄神経を刺激して，前葉全面，単小葉，虫部錐体，旁正中小葉より，橋を刺激して，虫部葉，虫部隆起，係蹄小葉，旁正中小葉，旁片葉，虫部錐体，山頂後部より誘発電位を記録した．この結果は，従来の形態学とよく一致していたが，体部位局在（somatotopic localization）は認められなかった．

Snider ら[1]は，ネンブタール麻酔ネコで，四肢の毛お

よび髭を空気を吹き付けることによって刺激し，刺激と同側の前葉およびその近傍と両側の旁正中小葉より誘発電位を記録した．前葉では，同側性に前から後肢，前肢，顔面，旁正中小葉では，両側性に前から顔面，前肢，後肢とならぶ体部位局在があることを示した．Adrian[35]は，ネンブタール麻酔ネコで，髭の屈曲，趾への圧迫，関節の屈曲，毛の触刺激による誘発電位を，同側の前葉，単小葉より記録し，同様に体部位局在があることを示した．Combs[36]は，除脳ネコの脊髄神経，末梢神経を電気刺激して小脳より誘発電位を記録し，無麻酔では体部位局在を認めないが，ネンブタール麻酔により体部位局在を認めることを証明した．Snider らは，また，クロラローズ麻酔ネコで，音刺激，光刺激による誘発電位を，単小葉，虫部隆起より記録した．音刺激による反応は，除脳によっても影響を受けず，光刺激による反応は，除皮質によっても影響を受けないことより，小脳へは，大脳を経由するのではなく，中脳の聴覚路，視覚路から直接投射していると考えた．触刺激，音刺激，光刺激による誘発電位は，ネンブタール麻酔に対して異なった性質を示した．触刺激による誘発電位は，麻酔量のネンブタールの投与によってもほとんど影響を受けなかったが，音刺激による誘発電位は減少し，光刺激による誘発電位は消失した．Hampson[37]は，ネンブタール麻酔ネコで，大脳の体性感覚野，聴覚野の電気刺激による小脳皮質誘発電位を記録し，第Ⅰ体性感覚野は，対側の前葉と単小葉に，顔面は単小葉と山頂後部に，前肢・後肢は山頂前部に，第Ⅱ体性感覚野は，対側旁正中小葉に，顔面は頭側に，前肢・後肢は尾側に体部位局在をもって投射することを示した．また，第Ⅰ，Ⅱ聴覚野は，それぞれ虫部葉，虫部隆起に投射することを示した．Snider ら[38]は，体性感覚野，聴覚野に加え，視覚野についても聴覚野と同様の投射があることを示した．

Widén[3]は，ネンブタール麻酔ネコの内臓神経を刺激して，山頂後部の旁虫静脈に接した内側部と両側の旁正中小葉より誘発電位を記録し，体性神経の投射と重畳していると述べた．また，誘発電位の主成分には，A_β 線維は関与せず，$A_{\gamma\sim\delta}$ 線維群が関係すると述べた．Rubia[4]は，ネンブタール麻酔ネコの内臓神経を刺激し，同側の山頂後部および単小葉の旁虫静脈近傍に最大の誘発電位が得られることを報告した．Newman ら[5][6]は，ネンブタール麻酔ネコで，バルーンによる胆嚢拡張刺激，圧迫による内臓への機械的刺激，内臓神経の電気刺激を行ない，両側の山頂後部の旁虫静脈より外側で単位発射および誘発電位を記録し，A_β 線維は同側性に，$A_{\gamma\sim\delta}$ 線維群は両側性に投射すると述べた．

Dell ら[7]は，ネンブタール麻酔ネコの迷走神経を電気刺激して，山頂後部と単小葉の中央部に両側性に投射することを示した．Lam ら[8]は，ネンブタール麻酔ネコの上喉頭神経を電気刺激し，両側の係蹄小葉第Ⅰ脚の内側部，旁正中小葉に誘発電位を記録した．Hennemann ら[9]は，ネンブタール麻酔ネコの迷走神経を電気刺激して，両側の山頂後部および単小葉の旁虫静脈より 1 mm 外側で大きな誘発電位を，両側の旁正中小葉で小さな誘発電位を記録した．

骨盤神経の小脳への投射に関する研究は少なく，Bradley ら[10]の報告をみるにすぎない．彼らは，除脳ネコの骨盤神経を電気刺激して，両側の山頂および単小葉より誘発電位を記録した．誘発電位は，山頂では刺激と同側の旁虫静脈より内側部で，単小葉では刺激と同側の旁虫静脈より外側部で大きかった．また，陰部神経の電気刺激による誘発電位も，骨盤神経と同様の分布を示した．本実験では，骨盤神経電気刺激による小脳皮質誘発電位は，バルビタール剤に敏感であり，ネンブタール麻酔では十分な誘発電位は得られず，クロラローズ麻酔により初めて安定した誘発電位が得られた．小脳皮質誘発電位の分布は，Bradley らの報告と似ており，山頂および単小葉より両側性に記録され，山頂後部，単小葉の旁虫静脈より内側部で最大であった．立ち上がり潜時，振幅ともに，左右差は認められなかった．

以上のことより，内臓神経，迷走神経，骨盤神経の小脳皮質への投射は，報告者により違いはあるものの，主として山頂および単小葉に投射しており，各投射野はお互いに重畳している．自律神経系の小脳皮質への投射は，体性神経系にみられるような体部位局在は少ないと考えられる．

バルビタール剤の神経系に対する作用については，French ら[39]は，ネンブタールにより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著明に抑制されることより，この薬剤の麻酔機序は脳幹に働くものと考えた．Yamamoto ら[40]は，大脳皮質および脳幹網様体の誘発単位発射を同時に記録し，シナプスの多い経路ほどバルビタール剤によって抑制されやすいことを示した．本実験では，10 mg/kg 以下の少量のサイアミラールソディウムによって，小脳皮質誘発電位が容易に抑制されることより，骨盤神経求心系の小脳への投射は多シナプス性であることが示唆される．

両側の骨盤神経刺激により促通および減却現象がみられた．これは，末梢から小脳に至るまでに両側の骨盤神経が収斂していることを示す．

沖[17]は，ネコ骨盤神経を電気刺激して，仙髄より誘発

電位および単位発射を記録した．最も著明な誘発電位は第2仙髄より得られ，第1，第3仙髄の順で，Rexedの第V層で最大の振幅が得られた．一方，単位発射は，Rexedの第V層で最も多く記録されたが，I，II層や中間灰白質および前角においても記録され，すべて両側の骨盤神経刺激に応じた．この事実は，骨盤神経が上位脳への求心系に関して仙髄のレベルですでに両側性に投射することを示すばかりでなく，仙髄の灰白質で得られる反応の一部は仙髄における反射に関係することが示唆される．Morganら[41]の西洋ワサビ過酸化酵素（horseradish peroxidase）を用いたネコの骨盤神経求心系の検索では，その求心線維は第1-3仙髄神経を中心に仙髄に入り，Lissauerの辺縁帯，後角の内・外側縁，背外側索，脊髄灰白質（主としてRexedの第V・VI層および背側灰白交連）に分布するが，直接後索を上行する線維は極く少数しか認められなかった．

内臓神経の中枢への投射路については，Amassian[42][43]は，内臓神経の70%が後索を上行し，ネコ内臓神経の電気刺激による大脳誘発電位の一次反応が，頸髄の後索切截により消失するのをみた．さらに，彼は，同実験において，$A_{\gamma\sim\delta}$線維群が二次反応に関係し，頸髄では前側索を上行することを示した．Downmanら[44][45]は，ネコ内臓神経を電気刺激して頸髄で誘発電位の分布を調べ，A_{β}線維は同側の後索を，$A_{\gamma\sim\delta}$線維群は両側の前側索を広い範囲に分布して上行することを示した．同様の結果は，小脳誘発電位を指標としたWidén，Newmanら[46]の実験でも示されている．

これに対して，骨盤神経求心系に関する多くの実験は，後索の役割が少ないことを示唆している[11][17][20][47][48]．呂[47]は，ネコで脊髄部分切截が骨盤神経刺激による血圧および呼吸反応に及ぼす影響を調べ，これに関する骨盤神経求心性線維は，腰髄では，両側性に一部後索を，大部分が側索後半部を上行し，胸髄では両側性に一部後索を，大部分が側索前半部を上行するとのべた．Yamamotoらは，ネコの骨盤神経腹圧反射の実験より，この反射に関与する骨盤神経求心性線維は，脊髄内で侵入後吻側2～3髄節間に過半の交叉をなし，主な部分は対側を，小さな部分は同側の側索を両側性に上行し，腰髄ならびに下部胸髄では後側索を，頸髄では側索中央表層の極く限局した部分を上行し，延髄下オリーブ核の高さで外側網様体にある反射中枢に到達すると述べた．長谷川[48]は，ネコの骨盤神経電気刺激による大脳誘発電位を指標とした頸髄部分切截実験において，後索切截は認むべき影響を与えず，骨盤神経求心系は両側側索中央部から前半部のかなり広い範囲に分布して存在することを示した．小脳皮質誘発電位を指標に頸髄部分切截を行なった本実験でも，骨盤神経求心系は頸髄では両側前側索に広く分布すると考えられた．北村ら[20]は，ネコで骨盤神経電気刺激による脊髄内誘発電位を記録し，骨盤神経求心系が両側性に下部腰髄では後側索を，頸髄では前側索を上行することを示した．

骨盤神経求心系の上位脳への投射について，石黒[18]は，ネコの骨盤神経を電気刺激し，下位脳幹より誘発電位を記録した．著明な誘発電位は，延髄の腹外側網様体，背側網様体，腹内側網様体および橋吻側の背外側網様体より得られた．冨子[19]は，ネコの骨盤神経直腸枝と膀胱枝を分けて電気刺激を行ない，中部延髄の背外側部，孤束近傍では特に直腸枝の投射が優勢であり，両枝の投射間に抑制的相互干渉がみられると述べた．

本実験では，両側下小脳脚より誘発電位が記録されており，骨盤神経求心系は，これらの延髄網様体から下小脳脚を経て小脳に達すると考えられる．

以上の事実より，ネコでは，骨盤神経求心系は，仙髄レベルですでに両側性に投射し，腰髄では後側索を，次第に前方に移動して，頸髄では前側索を上行し，延髄網様体に達する．その後，一部は，下小脳脚を経て小脳に入り，主として山頂および単小葉の正中部に投射すると考えられる．

結　　論

クロラローズ麻酔，ガラミン非動化ネコを用いて，骨盤神経を電気刺激し，平均加算法を用いて，小脳皮質表面および下小脳脚より誘発電位を記録した．

1．一側骨盤神経刺激による小脳皮質誘発電位は，両側性に，山頂および単小葉から記録され，左右差は認めなかった．特に，山頂後部，単小葉の旁虫静脈より内側で最大の誘発電位が記録された．

2．小脳皮質誘発電位は，陽性波とそれに続く比較的緩徐な陰性波から成る二相性波で，その閾値は0.9±0.1 V，立ち上がり潜時は17.3±1.9 msec，最大振幅は275±32 μV であった．

3．10 mg/kg 以下のサイアミラールソディウムの静脈内投与により，小脳皮質誘発電位は容易に抑制された．

4．一側骨盤神経刺激により，両側下小脳脚より誘発電位が記録された．誘発電位は，陰性単相性波で，左右差はなかった．その立ち上がり潜時は，小脳皮質誘発電位に比べ1.2±0.1 msec 短かかった．

5．第2-3頸髄根間レベルで脊髄部分切截を行ない，小脳皮質誘発電位に及ぼす影響をみた．後索の切截では，誘発電位に明らかな変化は認められなかった．一側前側索の切截により，同側および対側骨盤神経刺

激による誘発電位の振幅は減少し，両側前側索の切截により消失した．

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，御指導と御教示を賜った伊藤治英助教授，長谷川健博士に深く感謝致します．

なお，本研究の要旨は第34回日本自律神経学会総会（1981年）において発表した．

文 献

1) **Snider, R. S. & Stowell, A.**: Recieving areas of the tactile, auditory and visual systems in the cerebellum. J. Neurophysiol., **7**, 331-357 (1944).

2) **Moruzzi, G.**: Sur les rapports entre le paléocervelet et les réflexes vasomotuers. Ann. Physiol. Physicochim. Biol., **14**, 605-612 (1938). 次の著書から引用．Fulton, J. F.: Physiology of the Nervous System, 3rd ed., p506-536, Oxford University Press, New York, 1949.

3) **Widén, L.**: Cerebellar representation of high threshold afferents in the splanchnic nerve. Acta Physiol. Scand., **33**, Suppl., 117, 1-69 (1955).

4) **Rubia, F. J.**: The projection of visceral afferents to the cerebellar cortex of the cat. Pflügers Arch., **320**, 97-110 (1970).

5) **Newman, P. P. & Paul, D. H.**: The representation of some visceral afferents in the anterior lebe of the cerebellum. J. Physiol., **182**, 195-208 (1966).

6) **Newman, P. P. & Paul, D. H.**: The effects of stimulating cutaneous and splanchinic afferents on cerebellar unit discharges. J. Physiol., **187**, 575-582 (1966).

7) **Dell, P. & Olson, R.**: Projections thalamiues, corticales, et cérébelleuses des afférences viscérales vagales. Compt. Rend. Soc. Biol., **145**, 1084-1088 (1951).

8) **Lam, R. L. & Ogura, J. H.**: An afferent representation of the larynx in the cerebellum. Laryngoscope, **62**, 486-495 (1952).

9) **Hennemann, H. E. & Rubia, F. J.**: Vagal representation in the cerebellum of the cat. Pflügers Arch., **375**, 119-123 (1978).

10) **Bradley, W. E. & Teague, C. T.**: Cerebellar influence on the micturition reflex. Exp. Neurol., **23**, 339-411 (1969).

11) **Yamamoto, S., Araki, K. & Kikuchi, M.**: Abdominal muscle reflexes of pelvic nerve origin in cats. Exp. Neurol., **4**, 345-357 (1961).

12) **羽場勝彦**：猫の下位脳幹定位脳座標図．十全医会誌，**87**, 135-183 (1978).

13) **Langley, J. N.**: The nomenclature of the sympathetic and of the related system on nerves. Zbl. Physiol., **27**, 149-152 (1913).

14) **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).

15) **Langlay, J. N.**: The autonomic nervous system. Brain, **26**, 1-26 (1903).

16) **Patton, H. D.**: Taste, olfaction and visceral sensation. p377-398. *In* J. F. Fulton (ed.), A Textbook of Physiology, 17th ed. W. B. Sunder, Philadelphia, 1955.

17) **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 (1979).

18) **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).

19) **冨子達史**：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**, 321-339 (1976).

20) **北村佳久，伊藤治英，山本信二郎**：ネコ骨盤神経求心系の脊髄内伝導路．自律神経，**21**, 328-335 (1984).

21) **Moruzzi, G.**: Pareocerebellar inhibition of vasomotor and respiratory carotid sinus reflexes. J. Neurophysiol., **3**, 20-32 (1940).

22) **Chamber, W. W.**: Electrical stimulation of inferior of the cerebellum in the cat. Am. J. Anat., **80**, 55-93 (1947).

23) **Chamber, W. W. & Sprague, J. M.**: Functional localization in the cerebellum. II. Somatotopic organization in cortex and nuclei. Arch. Neurol. & Psychi., **74**, 653-680 (1955).

24) **Zanchetti, A. & Zoccolini, A.**: Autonomic hypothalamic outbursts elicited by cerebellar stimulation. J. Neurophysiol., **17**, 475-483 (1954).

25) **伴 忠康**：小脳の自律神経機能．神経進歩，**3**, 555-576 (1959).

26) **Rasheed, B. M. A., Manchanda, S. K. & Anaand, B. K.**: Effects of the stimulation of paleocerebellum on certain vegetative function in the cat. Brain Res., **20**, 293-308 (1970).

27) **Martner, J.**: Cerebellar influences on autonomic mechanisms. An experimental study in

the cat with special reference to the fasitigial nucleus. Acta Physiol. Scand., Suppl., **425**, 1-42 (1975).

28) **道場信行**：小脳による循環系の制御機構．神経進歩，**20**, 218-228 (1976).

29) **西丸直子**：小脳．自律神経（入来正躬編），第1版，107-118頁，藤田企画出版，埼玉．1981.

30) **須田　勇，高比良英輔**：小脳の電気現象．生理学大系V（時実利彦編），第1版，795-815頁，医学書院，東京．1967.

31) **Grannit, R. & Phillips, C. G.**: Excitatory and inhibitory processes acting upon individual Purkinje cells of cerebellum in cats. J. Physiol., **132**, 520-547 (1956).

32) **Morin, F., Catalano, J. V. & Lamarche, G.**: Wave form of cerebellar evoked potentials. Amer, J. Physiol., **188**, 263-273 (1953).

33) **Kawahara, T.**: An analysis of the cerebellar evoked potential to peripheral nerve stimulation in decerebrated dogs. Kobe J. Med. Sci., **3**, 143-151 (1957).

34) **Dow, R. S.**: Cerebellar action potentials in response to stimulaition of various afferent connections. J. Neurophysiol., **2**, 545-555 (1939).

35) **Adrian, E. D.**: Afferent areas in the cerebellum connected with the limbs. Brain, **66**, 289-315 (1943).

36) **Combs, C. M.**: Electro-anatomical study of cerebellar localization. Stimulation of various afferents. J. Neurophysiol., **17**, 123-143 (1954).

37) **Hampson, J. I.**: Relationships between cat cerebral and cerebellar cortices. J. Neurophysiol., **12**, 37-50 (1949).

38) **Snider, R. S. & Eldred, E.**: Electro-anatomical studies on cerebro-cerebellar conections in the cat. J. Comp. Neurol., **95**, 1-16 (1951).

39) **French, J. D., Verzeano, M. & Magoun, H. W.**: A neural basis of the anesthetic state. Arch. Neurol. & Psychiat., **69**, 519-529 (1953).

40) **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).

41) **Morgan, G., Nadelhaft, I. & de Goat, W. G.**: The distribution of visceral primary afferents from the pelvic nerve to Lissauer's tract and spinal gray matter and its relationship to the sacral parasympathetic nucleus. J. Comp. Neurol., **201**, 415-440 (1981).

42) **Amassian, V. E.**: Cortical representation of visceral afferents. J. Neurophysiol., **14**, 433-444 (1951).

43) **Amassian, V. E.**: Fiber groups and spinal pathways of cortically representated visceral afferents. J. Neurophysiol., **14**, 445-460 (1951).

44) **Downman, C. B. B.**: The distribution of splanchnic afferents in the spinal cord of cat. J. Physiol., **137**, 66-79 (1957).

45) **Downman, C. B. B. & Evans, M. H.**: Spinal tracts and supuraspinal centers influencing viscero-motor and allied reflexes in cats. J. Physiol., **141**, 489-499 (1958).

46) **Newman, P. P. & Paul, D. H.**: The projection of splanchnic afferents on the cerebellum of the cat. J. Physiol., **202**, 223-237 (1969).

47) **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繊維に関する実験的研究．大阪大医誌，**11**, 1890-1905 (1959).

48) **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).

Projections of Pelvic Nerve Afferents to the Cerebellar Cortex of the Cat Shinichi Aizumi, Department of Neurosurgery, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920—J. Juzen Med. Soc., **96**, 1143—1154 (1987)

Key words: pelvic nerve, afferent pathways, cerebellum, cat

Abstract

Afferent pathways from the pelvic nerve to the cerebellar cortex were studied by averaged evoked potentials in thirty adult cats. The animals were anesthetized with α-chloralose and immobilized with gallamin. The evoked potentials responding to stimulation of the pelvic nerve were recorded bilaterally from the culmen and the lobulus simplex of the cerebellum. They showed the highest amplitude in the posterior culmen medial to the paramedian vein. They showed diphasic positive-negative waves. The threshold was 0.9 ± 0.1 (mean$\pm$SD) V, the initial latency was 17.3 ± 1.9 msec and the maximum amplitude was 275 ± 32 μV. They were suppressed with intravenous administration of tyamilal sedium less than 10 mg/kg. The evoked potentials responding to stimulation of the pelvic nerve were recorded from the bilateral inferior cerebellar peduncles. They showed monophasic negatine waves. The initial latency was 1.2 ± 0.1 msec shorter than that of the evoked potentials recorded from the cerebellar cortex. The evoked potentials recorded from the cerebellar cortex were not affected after section of the posterior funiculus at the upper cervical segment (C2-3). On the other hand, they decreased in amplitude after section of the unilateral anterior lateral funiculus and disappeared after section of the bilateral anterior lateral funiculi. These findings suggest that the afferent fibers in the pelvic nerve ascend in the bilateral anterior lateral funiculi, pass through the inferior cerebellar peduncles and arrive via polysynaptic pathways in the culmen and the lobulus simplex of the cerebellum, predominantly medial to the paramedian vein.