UNITARY RESPONSES TO SOUND STIMULATION RECORDED FROM THE CEREBELLAR CORTEX OF THE CAT.

By

TADASHI KAWASAKI

From the Department of Oto-Rhino-Laryngology, Niigata University School of Medicine (Chief: Prof. M. Morimoto, M.D.)

The Brain Research Institute, Niigata University School of Medicine. (Director: Assist. Prof. N. Maruyama, M.D.)

Unitary responses to sound stimulation obtained from the cerebellar cortex were investigated in cats.

Results obtained are as follows:

1) Under barbiturate anesthesia, 2 out of 75 units responded to the sound stimulation, while in curraized cats 23 out of 100 units responded.

2) Two types of response were recorded. One was a response to the onset of the stimulation, "on response", and the other was a response during the stimulation, "continuous response".

3) In some units which showed "continuous response", the number of spikes responding to tone bursts of constant intensity increased and decreased

in a 2~10 second cycle.

4) Curves of threshold in db S.P.L. versus frequency were made from the responses of 11 units. The threshold curves extended over a wide frequency range and were at high intensity levels of 70~80db S.P.L. and did not show well-defined characteristic frequencies with one exception.

The exception showed relatively low thresholds and the threshold at its characteristic frequency, 9,000c.p.s., was 20db S.P.L.

5) At some frequencies some units responded to strong stimulation and did not show any response to weaker stimulation, but still weaker stimulation caused responses again.

音刺戟に対する猫の小脳ニューロンの反応について

新潟大学医学部耳鼻咽喉科 (主任: 森本正紀教授)

新潟大学医学部脳研究所 (指導: 丸山直滋助教授)

大学院学生 川崎 匡
かわ さき ただし

緒言

Snider 及び Stowell (1944)¹⁰⁾ が小脳皮質に聴覚及び視覚の受容領野の存することを誘発電位をもつて明らかにして以来, Bonnet 及び Bremer (1951)¹¹⁾, Whitlock (1952)¹²⁾, 志村 (1955)¹³⁾ 等がこの領野の存在を確認した。しかし小脳ニューロンについて unitary activity を検したのものとしては Bremer 及び Gernandt (1954)⁹⁾, 篠田 (1957)¹⁴⁾, Maruyama 他 (1957)⁸⁾ 等を挙げうるのみで, 大脳聴覚領ニューロンの活動様式が勝

木等の研究によつて既にかなり鮮明にされているのに比して, 小脳に関する斯界の所見はなお乏しい。

篠田は小脳の聴性反応を示す unitary activity を誘導記録し, 音刺戟に対して興奮を示す unit と抑制を示す unit を観察した。unitary response の閾値が高いこと, 単純な反応型式を示すこと等の理由から, 誘発電位の結果をも併せて考えて, 聴性運動反射に関係するものであらうとして, 志村の見解を支持した。

著者は小脳の単一神経活動電位の記録方法を改良し,

反応 unit の応答野を得たので、篠田の所見に補遺せんとするものである。

実験方法

実験動物としては、体重 2.5～3.5kg の成猫を用いた。一般に超微小電極を用いる実験では、脳の呼吸性並びに搏動性動揺が活動電位の誘導に大きな障碍となる。特に小脳ではこの動揺が著しい。著者はこの点を特に留意し、改良を施した。

A) 麻酔

麻酔剤の中樞神経機能に及ぼす影響を考慮し、2種類の実験を行った。

(1) オルトパンソーダ（大日本製薬）0.1g/kg の腹腔内注射

(2) アメリゾール（吉富製薬）1mg/kg の筋肉内注射の2つである。

B) 手術

上記 (1), (2) いずれの場合も実験方法としては大差ないが、(2) の場合、人工呼吸下で実験を行った。手術は次の順序で行った。

i) 気管カニューレ挿入

ii) 股静脈切開、ビニールチューブ挿入

iii) 小脳露呈、動物を腹位に固定し、頭蓋骨を露呈し、齒科用 bar を用いて、後頭稜の直前正中部に直径約 1cm の穴をあけ、小脳の一部を露出した。

C) 固定

固定器としては Horsley-Clark 改良型を使用した。但し聴覚実験であるため耳孔を塞ぐことができないので、頭蓋骨に穿孔し、その孔に ear bar を固定した。

D) chamber の作製

小脳の一部が露呈している穴の周囲の頭蓋骨上に resin セメント（松風陶歯製）で杯状の堤防を作り、resin が重合した後、硬脳膜を切除した。次に、厚さ約 0.8mm の透明なアクリル板で直径約 1.5cm の円板をあらかじめ作製し、中心部に直径約 1.5mm の小孔をあけておく。このアクリル円板で、先に resin で作った杯状の堤防の上に蓋をし、小孔のある中心部を残してアクリル板の周囲を resin セメントで堤防に密着固定した。頭蓋骨の小孔上には resin セメントの堤防とアクリル板とで一つの chamber ができたわけである。小脳露呈部位は透明なアクリル板を透して明視下におくことができる。chamber 内にリンゲル液を充し、気泡を完全に追い出した後、同じ小孔より電極を小脳に刺入し、小孔と電極との僅かの間隙をアルジエックスにて充鎮密閉し

た。かくして一度開いた頭蓋骨を再び完全に閉じるになる。本手法により脳の搏動性、呼吸性動揺を先抑え、一段と生理的な条件下で安定した単一神経細胞活動電位を記録することができる。

動物の全身状態を良好に維持するために、常に酸素吸入させ、保温に注意し、室内温度を 25°C～30°C 保持した。又必要に応じて補液を行った。

E) 記録方法

増幅観測装置は、今日微小電極のために一般に用いられているものに準じた。前置増幅器としては 12A1 cathod follower を用い、主増幅器は ADB 増幅器（本光電工業）を使用し、2光軸オツシロスコープ（光電工業 VC6 型）で観察した。一軸に刺激音波形他軸に unitary activity を導入した。使用した電圧 3M. KCL をつめたガラス毛细管で、3M. KCL 槽の抵抗値が 20MΩ 前後のものを用いた。

F) 音刺激装置

音刺激としては tone pip を用い、音源は発振器（河電機製作所）の正弦波を、電子スイッチ（共働製）によりスピーカーが追従できる適当な立上り時

第1図 実験装置の全貌

開閉し、スピーカーに導いた。スピーカーは加藤音響研究所製の tweeter を使用した。スピーカーより出た音を猫の頭上につるしたコンデンサー・マイクロフォンで受けて (MR 103 型), ブラウン管オシロスコープに再現し、且つ 1000cps の標準音圧により各周波数の sound pressure level (db S.P.L.) を決定した。

実験結果

総数 175 の unitary activity を観察した。オルトパンソーダの腹腔内注射による麻酔下で、音響刺激に反応を示したのは、75unit 中僅か 2unit であつた。これに反し、アメリゾールの筋肉内注射、人工呼吸下で行つた実験では、100unit 中 23unit が音響性反応を示した。

音刺激に反応を示す unitary activity を誘導記録した部位の小脳皮質上分布を第 2 図に示した。その分布は Lobus anterior, Lobus simplex, Declive, Tuber vermis にわたっている。

音響性反応を示した 25unit 中、刺激音の立ち上りの位置に放電の増加したもの (on 型, 第 5 図, 第 8 図) 13unit, 音刺激中連続して放電の増加を示したもの (連続反応型, 第 3 図)

12unit であつた。on 型の反応を示した 12unit 中、試みたすべての音刺激に対して on の位置にのみ反応を示すものは、僅か 4unit で、他は試みた刺激のうち一部の刺激に対しては、連続反応型の傾向を示す場合があつた。潜時は 5~20msec におよび一定ではなかつた。

調べ得た 11 の応答野中 8 つの応答野はオシロスコープ上の観察結果から作製され、他は後述の如く、フィルム上の記録をも参照して作製された。

観察中しばしば同じ強さの音刺激に対しても反応放電数が、時間的に著大な動揺を示し (第 3 図), 反応閾値の判定に障碍となつた。自発放電あるいは損傷電流も時に音刺激に恰も同期するかの如き錯覚を与え、放電増加の少ない反応と誤られ易く、又逆に事実反応がある場合でも放電

第 2 図 unitary response の誘導部位

音刺激に反応した 25unit のうち、A 点より 1unit, B 点より 1unit, C 点より 3unit, D 点より 5unit, E 点より 3unit, F 点より 6unit, G 点より 6unit 記録された。

第 3 図 反応の周期的動揺

増加の少ない反応は自発放電と誤られ易い。

そこで各周波数につき、5db ステップで各 10 回の音刺激に対する反応を記録して、spike の位置を dot で表わした (dot pattern)。更に 10 msec 毎に時間軸を分割し、各区間に認められる dot の総数をヒストグラムで表わし、10 回の音刺激分のデーターを一括総合的に判断できるようにした。反応閾値はヒストグラムから判定した。従つてオツシロスコープ上の観察のみで閾値を判定し、unitary spike を dot し得なかつたものでは、その閾値は多少正確を欠くものと思われる。

第 3 図は E 点 (第 2 図) より誘導記録された unitary activity である。この unit では、2050cps の 100db より 65db まで、3000cps の 95db から 55db まで、の 2 周波数の観察のみに終つたが、閾値は 2050 cps で 76db であつた。音刺激は 540msec 間隔で与えられた。第 3 図 A, B, C, D, はすべて 2050cps, 96 db の音刺激に対する同一 unit から記録された反応を時間経過に従つて示した。第 3 図 A は全 15 個の音刺激中第 1 の刺激に対する反応で、著明な反応を示した。図 B の反応は図 A の刺激の 1620msec 後に与えられた第 4 の音刺激に対する反応であつて、反応放電量は非常に少い。図には示さなかつたが、図 A と図 B との反応の間に 2 回刺激が与えられており、反応は中等度で、図 C の反応と同程度であつた。図 C に示した反応は図 B の刺激後 1080msec. 第 6 の刺激に対する反応である。図 D の反応は図 C の反応の 540msec 後、第 7 の刺激に対する反応であるが、図 A の反応と同程度の反応にもどつた。その後も

第 4 図 F 点より誘導された unitary response (on 型及び on-off 型)

2～3 秒程度の周期で、上記の如き反応の動揺が繰返された。

第4図と第5図は F 点 (第2図) より誘導された unitary response の記録である。第4図は spike discharge の写真記録である。第5図は 10 回の刺激に達する反応を dot pattern とヒストグラムで表わしたもの

で、1000, 2000, 2500, 5000, 8000cps の 5 周波数の分を示した。個々の記録は与えられた刺激音圧に従つてヒストグラムの基線を縦軸の db S・P・L の該当目盛に合せてある。

第5図に示したヒストグラムからこの unit の反応閾値を判定し、応答野を調べた。第6図にその応答野を示

第5図 第4図に示した response の dot pattern 及びヒストグラム

した。縦軸に db S.P.L. 横軸に周波数をとつてある。

第5図に示した如く、1000cps での反応は他の周波数での反応とことなり、10回の音刺激に対して 91db で7回、81db, 76db では、10回刺激で夫々1ヶの spike しか見られなかった。これ等の spike はいずれも on 反応の位置にあつたが、91db を閾値とした。2000cps では 105db で明瞭な on 反応があり、続いて抑制があり、やや不明瞭な off 反応を示している。100db では off 反応は消失し、on 反応も 105db に比し僅かに不明瞭となつている。85db が閾値で、80db, 75db では自発放電が見られるのみである。しかし、より弱刺激の 70db で再びかなり明瞭な on 反応を示した。2500cps の閾値は 91db で、76db, 71db で再び僅かに反応しているかの如くである。5000cps の最強音 109db では殆ど反応を示さず、104db, 89db では明瞭な反応を示し、84db では殆ど反応を示さず、76db で再びかなり明瞭な反応を示している。図には示さなかつたが、6000cps では、いずれの強さの音でも反応を示さず、閾値は最強音 92db 以上と思われる。7000cps では同様に 95db 以上の閾値と考えられた。8000cps では 103db で多少反応する傾向を示し、97db では殆ど反応していないが、93db, 88db では再びかなり明瞭な反応を示した。8000 cps の最強音が 103db であるため正確な閾値は分らないが、6000cps, 7000cps の閾値が夫々、92db, 95db 以上であることや、2000cps の反応の型式を参考にして、103db を一応閾値と判定した。

第6図の閾値曲線の下部に示した点は、閾値下で再び反応を誘起した刺激を plot したものである。

第7図 F点より誘導された unitary response (on-off 型)

第5図の dot pattern に見られる如く、2000cps, 105db 及び 5000cps, 103db では on～off 型の反応を示したが、他の音の強さでは off 反応は殆ど認められなかった。しかし全周波数につき反応を観察した後、再び 2000cps の反応を観察したところ、第7図に示した如くかなり明瞭な on～off 型反応を示した。これも反応動揺の一現象と考えられる。前述の如き2～3秒の周期で起る動揺の外にこのような長い周期の動揺も考慮しなければならない。なお、閾値、潜時には変動は認められなかった。

第8図に D 点より得られた unitary response を示した。第9図はこの unit の反応の dot pattern とヒストグラムである。自発放電が多少見られ、閾値の判定はヒストグラムによった。2350cps, 95db 及び 5600cps, 95db で on 反応のみならず、時に off 反応も示したが、第9図に示す如く、全体としては on 型であった。7000cps, 82db で反応はやや不明瞭で、閾値は 82db 付近と思われるが、77db で再び明瞭な反応を示した。3300cps, 74db 及び 2350cps, 81db でなお反応しているが、反応がやや不明瞭になつているので、一応この付近を閾値と判定した。かくして得られた応答野を第10図に示した。閾値曲線は非常に平坦な折線で示され、特徴振動数は明示できなかった。

第11図は G 点より得られた unitary response の dot pattern である。閾値付近では 5db ステップで反応を調べたが、十分強い音刺激では 10db 毎に記録した。この unit は音刺激中、連続的の反応を示した。音の強さが弱くなるにつれ、反応放電数は減少し潜時も延長する傾向が観察された。例えば 3000cps の 118db, 108db では潜時は平均 12msec で変化はなく、反応放電量も殆ど変化なかった。しかし 93db では放電量がやや減少している。潜時はまだ殆ど変化して

第8図 D 点より誘導された unitary response

第9図 第8図に示した response の dot pattern とヒストグラム

第10図 第8図・第9図に示した
response の応答野

いない。88db では潜時も平均約 15msec とやや延長した。78db でも反応はある如くに見えるが、非常に不明瞭で、83db を閾値とした。700cps では、84db でなお反応を示しており、84db 以下の反応を記録しなかつたので閾値を判定できなかつた。1000cps でも同様に閾値を判定できなかつた。5000cps, 64db は閾値下の刺激であるが、再び明瞭な反応が認められた。

以上この unit を全般的に見ると、閾値は低周波数域で低く、高周波数域で高い傾向を示した。しかし反応放電量の著明な増加は高周波数域に密集している。即ち高周波数域では、閾値上僅かな音圧の増加で急激に反応が増強する。第12図は第13図に示した unitary response の閾値曲線である。

第13図はいずれも D 点より誘導された unitary

第11図 G 点より誘導された response の dot pattern

第12図 第11図に示した response の応答野

第13図 観察のみにより決定された応答野 (D点)

第14図 観察のみにより決定された応答野 (G点)

response の応答野で、オシロスコープ上の観察のみにより得られたものである。3つの unitのうち、2つは閾値が高いが、1つは閾値が非常に低く、9000cps で 28db に反応した。この unit の 8000 cps については、フィルム上の記録も得たので、観察のみで判定した閾値と比較すると、約 15db フィルム記録による判定閾値の方が高い値を示した。そこで第12図の応答野については、観察のみにより調べた応答野とフィルム記録による応答野とが得られているので比較した結果、この場合は、フィルム記録による応答野の方が 10db 低い閾値を示した。この差異が閾値の長周期動揺によるためか、あるいは観察の誤差によるものかは不明である。全く誤差によるものとすれば ± 10 db 程度の測定誤差を考慮すべきである。

第14図は D 点より得られた unitary response の応答野を3つ示した。

以上の応答野の他に、図には示さなかつたが 2000 cps から 7000cps 迄の 5 周波数について、G 点より記録した unit があるが、閾値は 60~66db で、第13図・第14図に示したものと大差はなかつた。

自発放電を全く欠く、4つの unit の反応が記録されているが、応答野を調べ得なかつた。又音刺激により放電数を減ずる unit は観察できなかつた。

考 按

小脳の聴性反応については、古くは Dow (1939)⁹⁾ が除脳猫で内耳神経を刺激すると、葉小結節、小舌虫垂部、室頂核に電位変化がおこることを観た。Snider 及び Stowell (1944)¹⁰⁾ は猫で聴性及び視性刺激により Lobus simplex, Tuber vermis から誘発電位を記録した。Bonnet 及び Bremer (1954)¹¹⁾ はこれを確認し、小脳における聴性刺激による反応と他の感覚による反応との間に summation があると述べている。Whitlock (1952)¹²⁾ によれば、鳥類の小脳の Folium VIc (Caudal declive), Folium VII (Folium tuber vermis lobue) と Folium VIII (Pyramis) は click 音に対して 4~10msec の潜時をもつて反応するという。Snider と Eldred (1952)¹³⁾ は、猿で大脳の聴領を電氣的に刺激し、Lobus simplex と Folia の外内側に誘発電位を認めた。Misrahy 他 (1961)⁹⁾ は、小脳から大脳聴領の電気刺激及び音刺激による誘発電位を夫々記録し、両者の潜時及び音刺激による誘発電位

が2つの山を示すことから、小脳への聴性線維連絡は脳の皮質聴領を経るものと、下丘からくるものとの2種を想定して、Sniderの仮説を支持している。志村(1955)¹⁰⁾も音響性並に、大脳聴領の電気刺激による誘発電位から、小脳に至る2つの経路を確認している。

かくの如く小脳の聴性反応については、多くの研究があるが、unitary response についての研究は Bremer 及び Gernandt (1954)²⁾、篠田 (1957)¹⁴⁾ の論文を見るのみである。Bremer 及び Gernandt は比較的太い電極(先端口径 10 数 μ) で、click 音を用い誘発電位の逆転層を調べるとともに、unitary response と一致する誘発電位の位相を調べ誘発電位の source の推定の一助としている。即ち unitary response に関しては一応記録したのみに止まっている。篠田は、小脳の音に反応する unitary response を大別して、(1) 音刺激により放電数の増加を示すもの、(2) 音刺激により放電数の減少を示すもの、の両者を確認したが、著者の観察では音刺激により放電数の減少を示す unit は確認できなかった。その反面、篠田の確認できなかった on 型の反応を示す unit を観察した。この相違は、篠田が tone pip の音量不足から連続音のみを刺激に使用したのに対し、著者は十分なる音量の tone pip を使用したための差であろう。

大脳聴領から得られる unitary response は Katsuki 他 (1959)⁶⁾ によれば、大部分が on 型、あるいは on-off 型、off 型を示すという。小脳では著者が観察し得た unitary response の範囲では、on 型が約半数、連続反応型が半数であつた。小脳でも、大脳で見られる反応型はすべて認められたが、大脳に比して連続反応型が非常に多く、更に全体として on 型を示すものでも、例えば第5図の 1000cps 91db、第9図の 1500cps 87db に示した如く、一部では連続反応型を示した。

篠田の観察によると、小脳の聴性反応を示す unitary activity には麻酔の影響なしというが、著者は麻酔の影響を確認した。

第3図に示した如く、反応量が2～3秒の周期で動揺する unit が認められたが、他の unit も殆どこのような動揺を示した。2乃至10秒の範囲で、その周期は種々であつたが、unit の性質の差か、あるいは他の条件の差によるものかは不明である。下丘以下のレベルの聴覚経路ニューロンでは、このような動揺は著者等の経験でも、他の研究者の報告でも認められていない。上記反応の動揺は他のニューロンからの抑制あるいは促進が関与

して起つたものであろう。

更に Galambos (1944)⁴⁾ は聴神経で、Greenwood 及び Maruyama (1963)⁵⁾ は蝸牛神経 背側核で、音刺激に対する抑制野を観察しており、Katsuki 等 (1962)⁷⁾ は大脳ニューロンで、広い応答野と狭い応答野とを識別し、狭い応答野の周辺に抑制を認めている。著者の観察でも、この抑制を思わせる所見が第6図・第9図に示されている。即ち刺激を弱くすると一度反応が消失し、更に刺激を弱くすると再び反応が見られる。反応の現われない強さの音刺激では一見抑制が起つているかのように見える。しかし dot pattern や、ヒストグラムで明瞭な如く、自発放電には変化が見られず、従つて抑制ではなく、単に反応がない所見である。即ち、当該 unit に impulse を送る presynaptic neuron が、ある強さの音刺激により抑制されるためにこの unit に impulse を送り得ないので、反応を示さないものと思われる。

小脳ニューロンの反応閾値が高いという所見に就いて、篠田は小脳に入る前で閾値の高い特殊なニューロンを介する結果であろうと述べているが、恐らく小脳に入る前の核に存在すると思われるニューロン(小脳ニューロンの presynaptic neuron) が抑制を受けて、結果的には篠田の云う閾値の高いシナプスに相当するものを構成しているのであろう。

かくの如く、小脳ニューロンの閾値は明らかに高いが、第13図に示した如く、1つだけ非常に閾値の低い unit が観察された。これがいかなる意味をもつかは不明である。

Katsuki 他 (1962)⁷⁾ が指摘した大脳の聴領の広い応答野と、著者の観察した小脳の応答野に類似している面もあるが、特徴振動数は明瞭でなかつた。篠田の述べた如く、音の弁別には関係ないと思われる。

総 括

著者は猫を用い、小脳の音響性刺激に対応する unitary response について観察し、次の如き結果を得た。

(1) 総数 175unit 観察中、オルトバンソーダの麻酔下では 75unit 中 2unit、クラーレを使用した実験では 100unit 中 23unit が音響性刺激に対して反応を示した。

(2) 反応型としては、音刺激に対して、主として on の位置のみに反応する型と、刺激中連続的に反応する型を観察した。

(3) 音響性反応を示す unitary response には2～10秒の周期で起る動揺が観察された。

(4) Lobus anterior, Lobus simplex, Declive,

Tuber vermis から unitary response が得られ、その中の 1 unit につき応答野を調べた。閾値曲線は平坦で広く、特徴振動数を指摘し難く、閾値は 70～80db 程度で高かった。Declive より得られた 1 unit だけ 28db の低閾値を示し、特徴振動数は 9000cps であった。

(5) 充分強い音刺激には反応を示すが音を弱くすると反応が観られなくなり、更に弱い音刺激では、再び明瞭な反応を示す所見が 3 unit で観察された。

文 献

- 1) Bonnet, V. and Bremer, F.: Auditory responses of the cerebellum. *J. Physiol.*, 1951, 114: 548.
- 2) Bremer, F. and Gernandt, B.E.: A micro-electrode analysis of the acoustic response and the strychnine convulsive patterns of the cerebellum. *Acta Physiol. Scand.*, 1954, 30: 120～136.
- 3) Dow, R.S.: Cerebellar action potentials in response to stimulation of various afferent connection. *J. Neurophysiol.*, 1939, 2: 543～555.
- 4) Galambos, R.: Activity in single auditory nerve fibers. *J. Neurophysiol.*, 1944, 7: 287～303.
- 5) Greenwood, D.D. and Maruyama, N.: Excitatory and inhibitory response areas of units in cochlear complex of cat. *Fed. Proc.*, 1963, 22: 2.
- 6) Katsuki, Y., Watanabe, T., and Maruyama, N.: Activity of auditory neurons in upper levels of brain of cat. *J. Neurophysiol.*, 1959, 22: 343～359.
- 7) Katsuki, Y., Suga, N., and Kanno, Y.: Neural mechanism of the peripheral and central auditory system in monkeys. *J. Acoust. Societ. Amer.*, 1962, 34: 1396～1410.
- 8) Maruyama, N., Kagitomi, T., Shinoda, H., Higuchi, A., Kanno, Y., and Morimoto, M.: Electric response to sound stimulation from the cerebellum in cat. *Acta med. biol.*, 1957, 4: 317～324.
- 9) Misrahy, G.A., Spradley, J.F., Beran, A.U., and Garwood, V.P.: Acoustic cerebellar pathways in cats. *J. Neurophysiol.*, 1961, 24: 159～166.
- 10) Snider, R.S. and Stowell, A.: Receiving areas of tactile, auditory and visual systems in the cerebellum. *J. Neurophysiol.*, 1944, 7: 331～358.
- 11) Snider, R.S. and Eldred, E.: Cerebro-cerebellar relationships in the monkey. *J. Neurophysiol.*, 1952, 15: 27～40.
- 12) Whitlock, D.C.: A neurohistological and neurophysiological study of afferent fiber tracts and receptive areas of the avian cerebellum. *J. Comp. Neurol.*, 1952, 97: 567～636.
- 13) 志村照彦：小脳の音響性誘発電位に関する研究補遺，新潟医学会誌，1955，66：1100～1110.
- 14) 篠田博朋：超微小電極による小脳の聴性反応について，日耳鼻，1957，60：1524～1539.

稿を終るに当り、御指導御校閲を賜った恩師 森本正紀教授、丸山直滋助教授に深甚なる謝意を表すると共に、実験に御協力頂いた小泉純一郎、樋口卓、加藤功の諸先生に深く感謝致します

(原稿到着＝昭和 38. 7. 15日)