



Title	顎運動の中樞神経機構に関する研究
Author(s)	塚本, 周作
Citation	大阪大学, 1964, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/28658
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

顎運動の中樞神経機構に関する研究 612.825.2:612.826

1. 家兎の脳皮質および扁桃核より誘発される顎運動像の分析

Studies on brain mechanisms of jaw movements

1. Analysis of jaw movements from the cortical jaw motor area and amygdala in the rabbit

(本論文の要旨は第36回日本生理学会総会 (1959) に於いて発表した。)

塚 本 周 作 (TSUKAMOTO-Shusaku)*

Cortical and subcortical structures of a rabbit which induce jaw movement were decided and characters of induced movements from these areas were analyzed.

1) The cortical jaw motor area are strictly circumscribed in the region rostral to the area insularis and lateral to the area postcentralis. When these areas were stimulated by a low frequency stimulation only a single twitch of the lower jaw was induced, but by a higher frequency stimulation rhythmic chewing-like jaw movement of 4.5 to 5.8 c/sec was induced. Both of these jaw movements showed a predominant deflection of the jaw to the opening direction.

A pattern of jaw movements from the internal capsule and from the subthalamus was almost similar to the cortical one.

From the lateral amygdaloid nucleus a single twitch of the jaw was induced by a low frequency stimulation of below 4 c/sec, and by a high frequency stimulation a rhythmic chewing-like jaw movement of 3.5 to 4.0 c/sec was induced. The jaw movement from the amygdala showed a predominant deflection to jaw closing direction and the rhythm was similar to that of natural chewing. As compared with the cortical and amygdaloid jaw movements the latter had a lower threshold and longer latency than the former.

2) The cortical and amygdaloid jaw movements could be elicited independently, and the destruction of one of these areas did not affect the jaw movement from the other.

3) The descending neural pathway from the cortical jaw motor area to the trigeminal motor nucleus is assumed to be via the internal capsule, subthalamus and mesencephalic reticular formation; while the pathway from the amygdaloid nucleus may be via the mesencephalic reticular formation and not through the internal capsule and subthalamus.

1. 緒 言

Fritsch & Hitzig¹⁾の研究以来、骨格筋運動に関する脳皮質機能の局在に関しては種々の報告があり、顎の運動領はほとんどの動物で脳皮質の前頭側頭部に局在することが先人の研究により確認されている。しかしこの皮質顎運動領から誘発される顎運動の性格自体については未だ明確にされていない。またこの領野より三叉神経運動核に至る伝導路に関しては多くの

異論があり今日尚十分明らかになったわけではない。例えば Sherrington²⁾ は一側皮質顎運動領は反対側顎筋を支配していると述べたのに対して、Miller³⁾は同側性支配であると主張した。さらに、Magounら⁴⁾は猫で Anterior sylvian gyrus の吻側端の内側部の電気刺激によりリズムある咀嚼運動が誘発され、この咀嚼に関する皮質遠心性伝導路が皮質より内包および大脳脚を経て橋の最尾側にて下行する間、中継所もまた交叉もしないことを報告している。他方、平山⁵⁾によれば犬では顎運動領はPrecentral gyrus の下部に局在しており、その伝導路はこの領野から三叉神経運動核までに同側の視床でノイロ

* 大阪大学医学部口腔生理学教室(河村洋二郎教授)
Dept. of Oral-Physiol., Dental School, Osaka Univ.
〔昭和37年10月18日受付〕

ンをかえその後中脳で交叉し反対側運動核に線維を送ると述べている。

近時多くの脳幹部刺激実験から⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾, 扁桃核や視床下部に食行動を調節する機能の局在することが明らかになった。言い換えれば, これら扁桃核や視床下部にも顎運動機能を調節する働きがあると考えられるのであって皮質顎運動領と扁桃核や視床下部が持つ顎運動の生理的関係を明らかにすることが咀嚼運動の神経機序を理解する上に非常に重要である。

さらに顎運動には顎の開, 閉, つき出し, 引込み, 左右運動などの種々の要素が存在するが, かかる特徴的な各運動を起す各顎筋あるいはいくつもの顎筋の組合せをその運動目的にかなうように選択的に活動させる中枢神経機構については未だ不明である。

本実験は皮質, 扁桃核その他脳の種々なる部位を電気刺激し誘発された顎運動を分析し顎運動を生ぜしめるこれら脳各部位間の機能的相関を明らかにしたものである。なお, 皮質顎運動領および扁桃核からの顎運動に関与する下行性伝導路は誘発筋電図法によって決定したが, これは第2編で論じた。

II. 実験方法

体重約 2.5-3.5 kg の成熟雌雄家兎23羽を使用し, ウレタン麻酔下 (体重 1kg 当り25%ウレタン 4cc 静脈注射) で実験を行った。動物の頭部は上顎と外耳道にさし込んだバーによって固定し, 頭蓋骨を適當の広さに除去し実験中脳表面の乾燥及び温度低下を防ぐため皮質を適温の流動パラフィンにて覆った。家兎の顎運動誘発には Sawyer¹⁵⁾ の脳地図表によって stereotaxic に脳各部を電気刺激した。刺激電極には尖端を除き完全に絶縁した直径 150 μ のステンレス・チール線を用い, 不閉電極として皮下針を残留頭蓋骨中に挿入固定した。脳を頻度 1-750 c/sec, 持続時間 1.0 msec, 10-35 V で短型波刺激し, 刺激により顎運動のみを誘発する点を求めた。下顎の上下運動は下顎中切歯に結紮した糸によりレバーを介しキモグラフィオン上に正

確に記録した。実験終了後刺激部位および破壊部位は組織学的に確認した。

III. 実験成績

電気刺激により顎および舌の特定の運動のみを容易に誘発し得る部位が脳各部に存在した。これらの部位は皮質の前, 側面に囲まれた領野, 内包, 視床腹部, 扁桃外側核, 中脳網様体および三叉神経運動核などであった。しかし誘発されたそれぞれの顎運動様相には差異が認められた。

1. 皮質顎運動領

図1のごとき Area insularis の吻側で Area postcentralis の外側部に当る大脳皮質の刺激によりリズムある顎運動が誘発された。この部からは顎の運動と共に流涎や舌の突き出しなどを同時に伴うこともあった。各家兎によって咀嚼運動を誘発する皮質部位の範囲は僅かながら相違し個体差が認められた。これらの領野内のいづれの点から誘発した顎運動も同一刺激条件ではほぼ同様であった。

この領野の中心部を刺激した際出現した顎運動の1例を図2に示した。即ち, 刺激頻度 15c/sec までは刺激頻度に一致した顎の対単運動を生じたが, 刺激が 15 c/sec では刺激の途中で顎の対単運動が 3c/sec の咀嚼様顎運動に移行した。刺激頻度 30-100 c/sec では刺激の開始と同時に 4.5-5.0 c/sec の顎運動が出現し, 刺激頻度の増

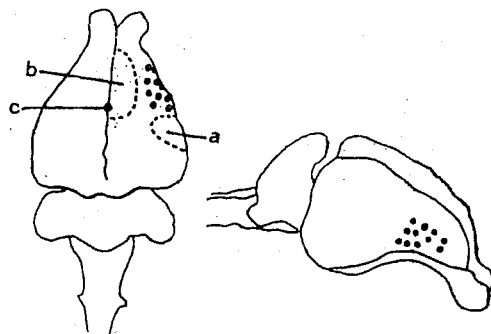


Fig. 1.

Diagrammatic representation of jaw motor area.

a : Area insularis.

b : Area postcentralis.

c : Bregma.

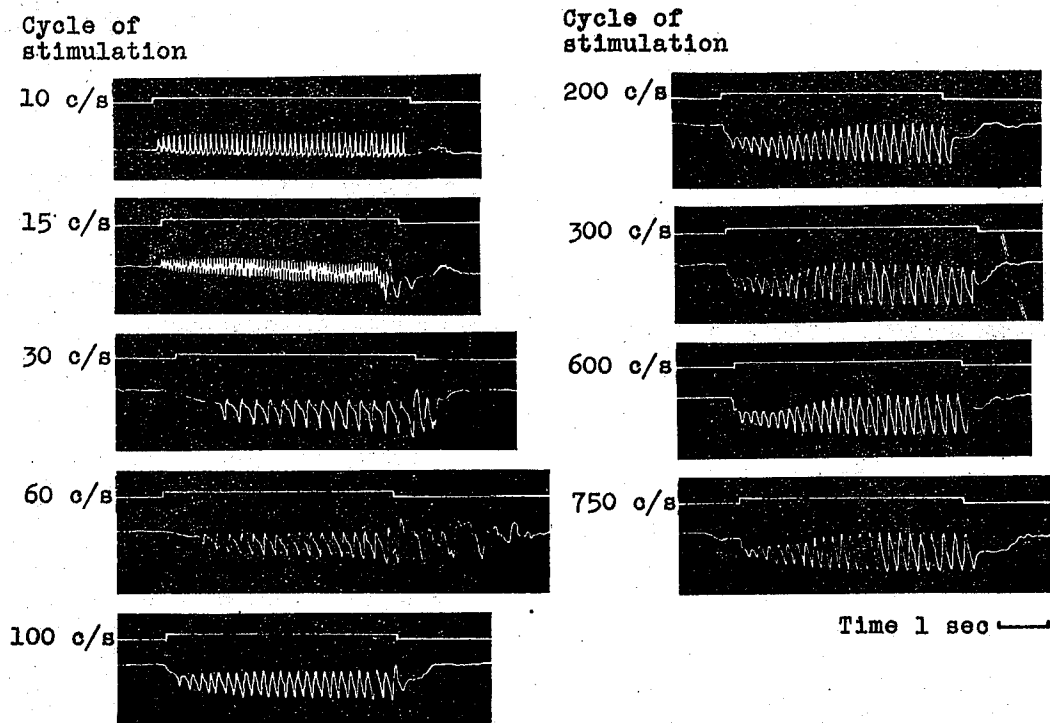


Fig. 2. Cortical jaw movements.

大に伴って顎運動リズムもやや増大した。刺激頻度 200 c/sec 以上では刺激頻度の増大とは無関係に誘発した顎運動のリズムはほぼ常に 5.0-5.75 c/sec を保った。顎運動の振巾は刺激中漸増し 2 秒間で一定の振巾に達し以後刺激中止まで plateau を示した。図 2 で下方への振れは開口を示すが、上記皮質顎運動領から誘発された顎運動は開口方向に優位に動いた。図 3 に示した如く顎運動までの潜時は刺激頻度の増大と共に短縮した。さらに、頻度 30-60 c/sec の刺激では刺激終了後も 1.5-3.5 秒間咀嚼様の顎運動が刺激中と同一リズムで持続した。図 4 に示した如く、顎の対単運動を誘発するに必要な閾値電圧は反復性の咀嚼様顎運動を生じさせるに必要な閾値電圧よりも大であった。刺激頻度の増大に伴って咀嚼様顎運動を誘発させる閾値は次第に減少した。

2. 内包

咀嚼様のリズムある顎運動が前交連のレベルで内包の腹内側部の限局した部位 (図 5) から

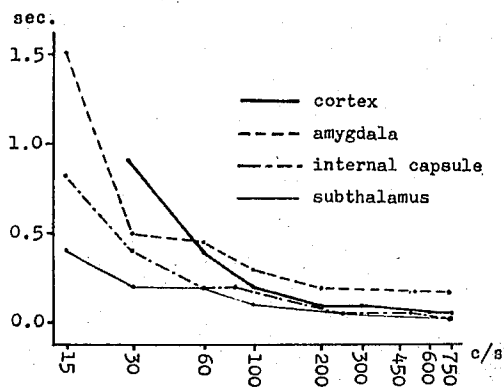


Fig. 3.

Relationships between latencies of rhythmic jaw movements and stimulation frequencies.

誘発された。この部の刺激で誘発した顎運動を図 6 に示した。刺激頻度 6 c/sec 以下では刺激頻度に一致した顎の対単運動のみ起った。しかし、6 c/sec の刺激では最初対単運動が生じ刺激中この対単運動がリズムある咀嚼様運動へ発展移行した。15 c/sec 以上の頻度の刺激では刺激開始直後より 5.0-5.5 c/sec の咀嚼様顎運動が

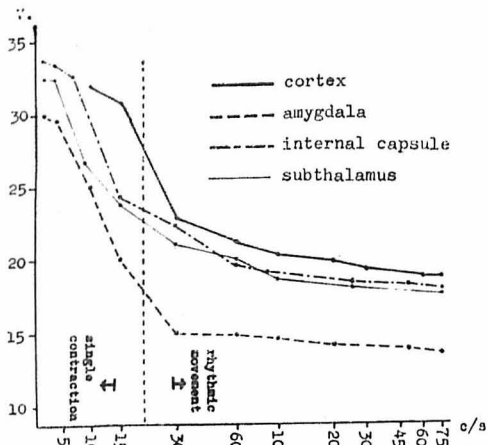


Fig. 4.

Relationships between thresholds and stimulation frequencies.

Cycle of stimulation

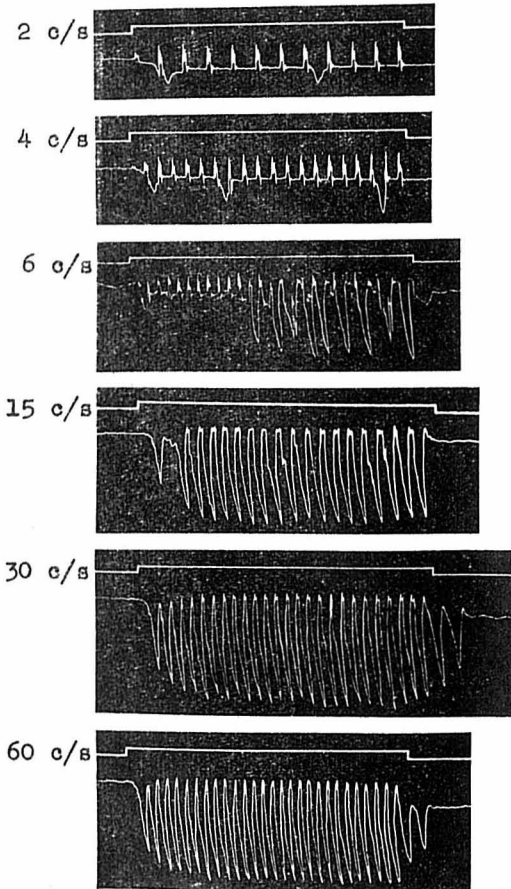
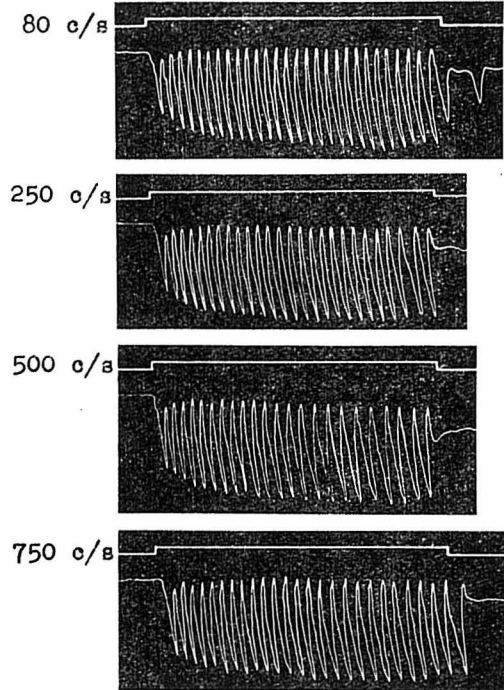


Fig. 5. Site of electrode tip. Internal capsule.

Cycle of stimulation



Time 1 sec

Fig. 6. Jaw movements induced from internal capsule.

誘発され刺激頻度を増大しても運動リズムには変化は生じなかった。刺激開始後1秒間で顎運動の上下垂直方向の振巾は一定の高さに達し、その一定した振巾が刺激終了まで持続した。さらに 30 c/sec および 60 c/sec の刺激では刺激中止後も顎運動が持続する後効果が観察されたが皮質刺激の場合に比べ著明ではなかった。内包より誘発するこの顎運動は開口方向へ優位に振れたがわづかなら閉口方向への動きも伴った。15 c/sec 以上の刺激頻度では刺激頻度の増大に伴って反応潜時は短縮し、刺激頻度の増大により反応閾値も低下したが同一頻度の刺激で

Cycle of stimulation

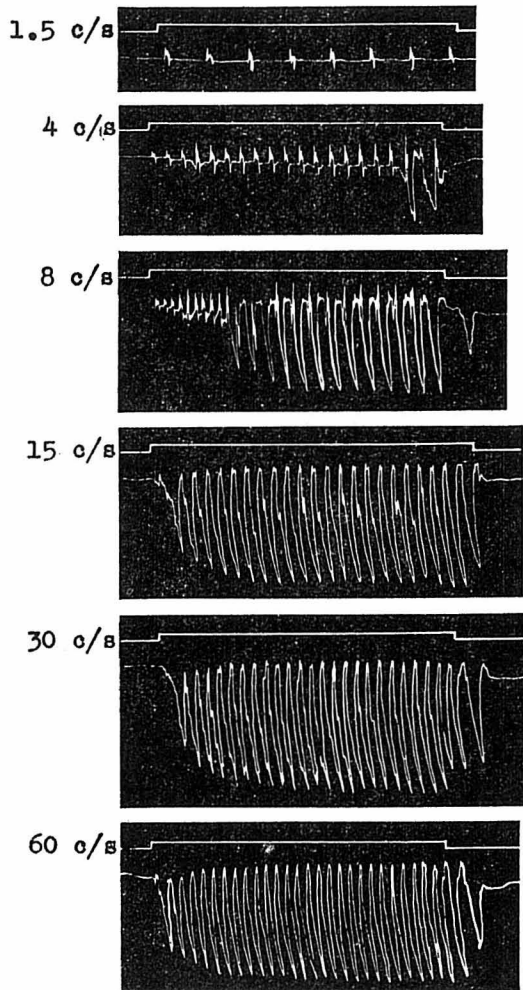


Fig. 7. Site of electrode tip. Subthalamus.

Cycle of stimulation

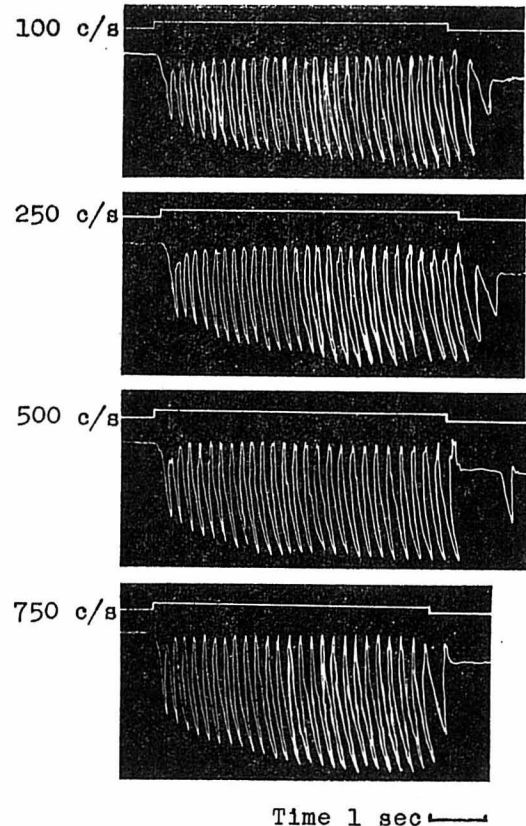


Fig. 8. Jaw movements induced from subthalamus.

は内包の反応閾値は皮質のそれに比べ低い値を示した。刺激頻度と反応閾値の関係は図4に示した。しかし閾値上電圧での刺激では顎運動リズムは不規則となり、特に内包背側部刺激により誘発する顎運動にはしばしば身体他部即ち、前肢後肢などの運動をも伴った。

3. 視床腹部

図7に示した如く、視床腹部の内側部の刺激により顎運動が誘発された。しかし同部から誘発する顎運動はしばしば顔面の運動を伴い、刺激を増強すると顎運動は顎筋拘縮の咬みしめの状態となった。視床腹部の外側部の刺激では四肢や軀幹の運動は容易に出現したが、顎運動は誘発されなかった。また縮瞳散瞳や流涎の自律系反応はこれらの部位からは誘発されなかった。図8に示した如く、視床腹部の内側より誘

発された顎運動像は皮質より誘発されたものと非常に類似していた。8 c/sec以下の刺激では刺激頻度に一致した顎の対単運動が出現した。しかし8 c/sec刺激の際刺激開始後1.5秒で対単運

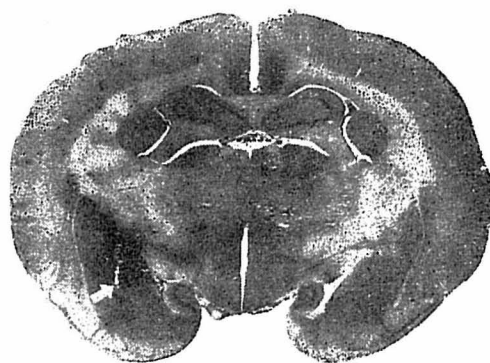
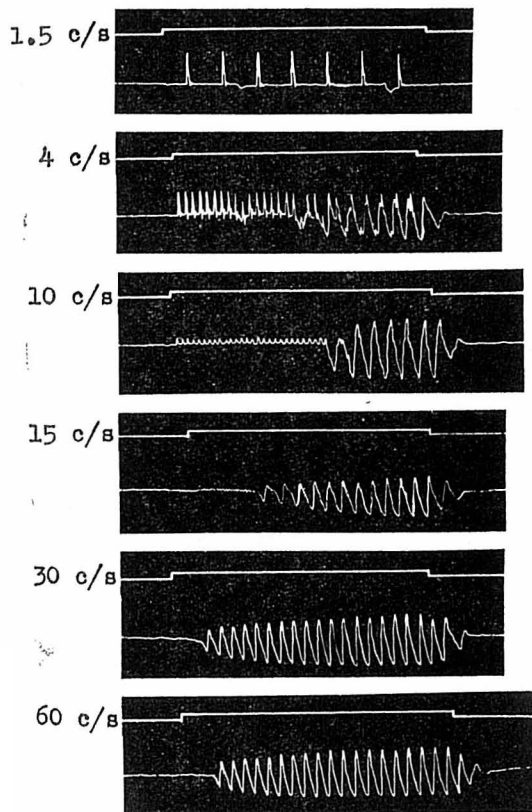


Fig. 9.

Site of electrode tip. Lateral amygdaloid nucleus.

Cycle of stimulation



Cycle of stimulation

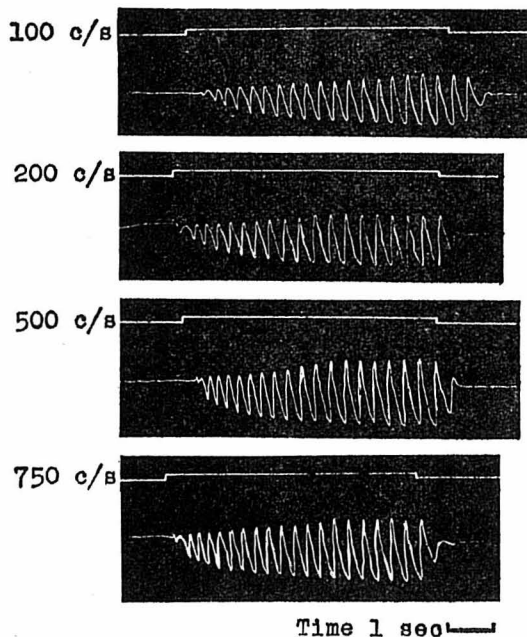


Fig. 10. Jaw movements induced from lateral amygdaloid nucleus.

動より 5 c/sec の咀嚼様リズム運動へ移行した。15 c/sec 以上の頻度の刺激では 5.0-5.5 c/sec の顎運動が刺激開始直後より出現し、直ちにその上下運動の振巾は一定のレベルに達し刺激中そ

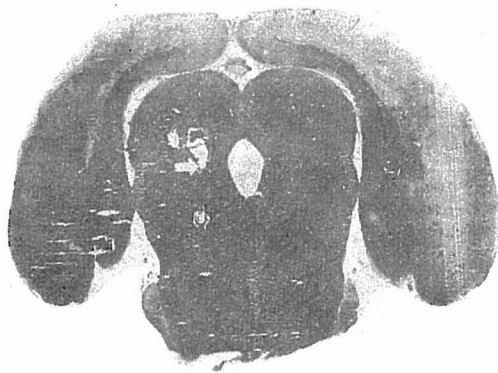


Fig. 11.

Site of electrode tip. Mesencephalic reticular formation.

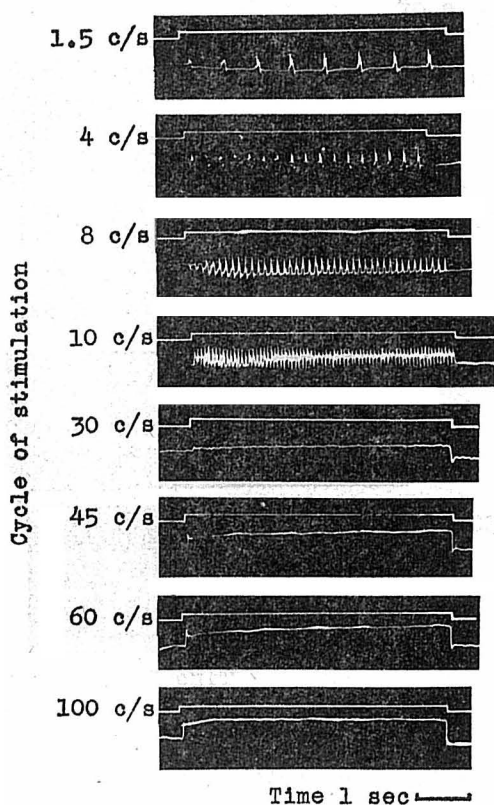


Fig. 12.

Jaw movements induced from mesencephalic reticular formation.

の振巾を維持した。運動は開口方向に優位であった。刺激の後効果はいかなる刺激頻度で刺激した場合でも認められなかった。反応潜時と刺激頻度、反応閾値と刺激頻度の相関は図 3, 4 に示した如く、内包の場合とほぼ同様であった。

4. 扁桃核

扁桃核部の刺激で顎運動が誘発されたが、顎運動を起す部分は扁桃核中その外側核 (図 9) に限局して位置した。図 10 に示した如く、外側核を刺激した場合 2 c/sec の刺激では刺激頻度に一致した顎の対単運動が出現した。しかし刺激頻度を増し 4-10 c/sec にすれば刺激中にこの顎の対単運動が 3.5-4.0 c/sec の咀嚼様の顎運動に発展移行した。15 c/sec 以上の刺激頻度では刺激開始直後より刺激頻度とは無関係に 3.5-4.0 c/sec のリズムある咀嚼様顎運動が出現した。しかもこの運動は刺激開始後 2 秒間で最大振巾に達し以後刺激終了まで一定の振巾を保った。扁桃核より誘発される顎運動は閉口方向および開口方向の両要素を有していたが、閉口要素の方が開口要素よりもはるかに著明であった (図 10)。反応潜時と刺激頻度の相関関係は図 3 に示したが、刺激頻度が増大すると反応潜時は短縮した。その反応潜時は同一刺激頻度において皮質、内包もしくは視床腹部のそれに比較して大であった。刺激中止と共に反応は直ちに消失し後効果は認められなかった。

また図 4 に示した如く、刺激の頻度を増大するに従って反応閾値電圧は減少し、またその閾値は同一刺激頻度では皮質、内包および視床腹部のそれに比して最も小さい値を示した。扁桃外側核刺激により顎運動が出現したが、扁桃核群中他の核では顎運動は出現しなかった。また刺激により顎運動を誘発する外側核部からは認むべき身体他部の運動、排便、排尿、呼吸や心臓の変化などは誘発されなかった。外側核の背側部では顔面運動、腹側では舌なめづり、内側では流涎が出現した。

5. 中脳網様体

図 11 に示した如く、上丘レベルで中脳網様体の非常に限局した外側部から刺激により顎運動

のみが誘発された。しかし同部の背側では両側性に顔面運動が、腹側の刺激では舌のつき出しが誘発された。中脳網様体外側部より誘発した顎運動を図12に示した。即ち30c/secの刺激で顎の対単運動が、30 c/sec以上の頻度の刺激では顎筋拘縮が生じ刺激中顎は咬みしめ状態を維持し、しかも咬みしめの度合は刺激頻度の増大と共に強くなり、刺激中止と同時に直ちに顎安静位（刺激前の顎位）に復した。この部の刺激では咀嚼様のリズムある顎運動を誘発することは出来なかった。

6. 三叉神経運動核

橋のレベルで延髄表面より 1.0-4.0 mm の深さの点即ち図13に示した如き三叉神経運動核部より刺激により顎運動が出現した。同部の至適刺激では顎運動のみ誘発され顔面や舌の運動は伴わなかった。三叉神経運動核部の刺激により誘発された顎運動を図14に示した。中脳網様体刺激の場合と同様刺激頻度 30 c/sec 以下では刺激頻度に一致した対単運動が生じたが、刺激頻度が 30 c/sec 以上の場合には刺激中顎筋拘縮が生じ顎は咬みしめ状態を維持した。しかし刺激が 100 c/sec 以上の高頻度になった場合顎の咬みしめ度合は刺激中次第に減弱の傾向を示した。刺激中止後約3秒で元の顎安静位に復帰したがこの回復時間は中脳網様体刺激により得た反応のそれに比して大であった。

7. 皮質顎運動領と扁桃核との関係

扁桃核から誘発される顎運動の遠心性インパルスが皮質を介するか否かを確かめるため両側顎運動領を含め図15に示した如く両側皮質運動領を広範に切除し、切除20秒後に扁桃核から誘発される顎運動を観察した。

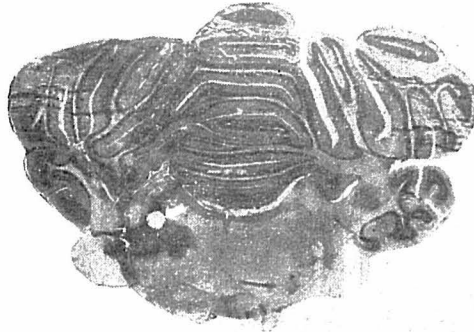


Fig. 13. Site of electrode tip. Trigeminal motor nucleus.

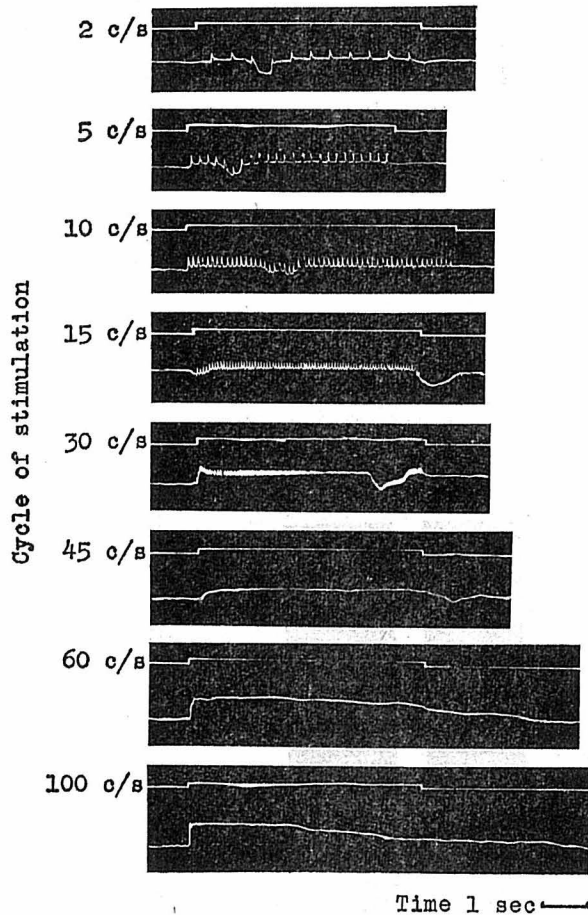
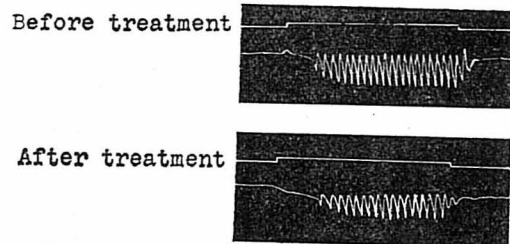


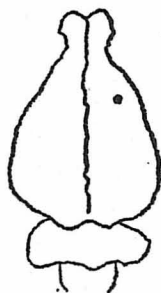
Fig. 14.

Jaw movements induced from trigeminal motor nucleus.

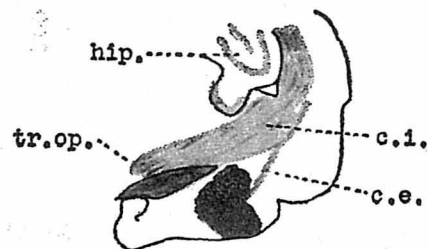
扁桃核を 60 c/sec で刺激したが切除前と同様に顎運動が誘発され、しかも誘発された顎運動には切除前と著変は認められなかった。更に、



Stimulated point



Destructed area

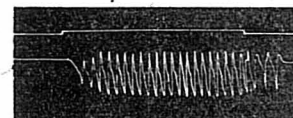


c.e.: capsula externa
 c.i.: capsula interna
 hip.: hippocampus
 tr.op.: tractus opticus

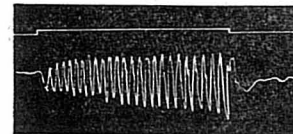
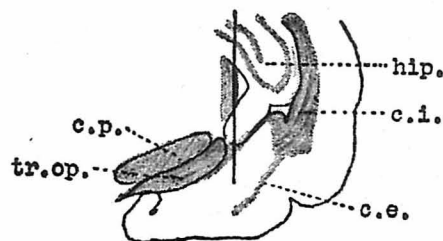
Fig. 16.

Effect of unilateral electrical coagulation of amygdaloid nucleus.

Before treatment



After treatment

Stimulated point
(lateral amygdaloid nucleus)

Destructed area



c.e.: capsula externa
 c.i.: capsula interna
 c.p.: cerebral peduncle
 hip.: hippocampus
 tr.op.: tractus opticus

Fig. 15. Effect of bilateral cortical ablation.

図16に示した如く、一側扁桃外側核を電氣的に破壊した後破壊側皮質顎運動領を刺激したが、顎運動は術前と同様に誘発され運動自体は術前に比し何ら変化を認めなかった。

IV. 考 察

本実験の結果は家兎の脳に顎運動を誘発さす2つの独立した領野が存在することを示している。1つは皮質顎運動領であり、他は扁桃外側核である。皮質より誘発する顎運動は比較的開口優位であり、扁桃核からのものは閉口優位である。さらにこれら2つの領野から三叉神経運動核までの下行路はそれぞれ異っており、前者は内包、視床腹部および中脳網様体を、介するものと思われる。

顎運動領の皮質局在に関しては Ferrier¹⁶⁾ は前頭葉の外側面に、Rioch¹⁷⁾ は皮質の前側頭部に存在すると述べている。Liddell & Phillips¹⁸⁾ は baboon を用いて一般に皮質運動領は広い機能的な overlapping があることを報告しているので、本実験では顎運動を誘発し得る最低の刺激を用い注意して実験を行った。我々の実験では家兎の皮質顎運動領は Area insularis の吻側で Area postcentralis の外側に囲まれた部位にその局在を認めたが、これは上述の研究者たちの報告とほぼ一致している。しかし本領野の局在は各動物種間で差異があり、家兎における本領野は犬、猫および猿⁴⁾⁵⁾¹⁹⁾²⁰⁾ のそれとは多少異っている。

皮質顎運動領より誘発された顎運動は刺激頻度 15 c/sec 以下では刺激頻度に一致した顎の対単運動であったが、30 c/sec 以上の刺激では開口方向に著明な 4.5-5.8 c/sec のリズムある咀嚼様顎運動が出現した。Mihailovic & Delgado²¹⁾ は四肢の運動性反応が刺激頻度の変化に伴って変化することを報告している。この事実は本実験で顎運動についても成立することが認められた。家兎の皮質刺激の際 1-9 c/sec の低頻度刺激で顎の対単運動が、19 c/sec の刺激で 2.0-3.0 c/sec のリズムある顎運動が誘発された事を示した Rioch¹⁷⁾ の結果とよく一致している。しか

し彼は 150 c/sec の刺激でリズムある顎運動が抑制され顎運動が停止する現象を観察しているが、本実験では 150 c/sec の刺激でもなおリズムある咀嚼様顎運動を誘発し得た。これはおそらく Rioch が刺激としてインダクトリウムを用いたのに対し本実験では矩形波電気刺激を用いたことによるものと思われる。Lilly²²⁾ は猫や猿の皮質刺激の場合低頻度刺激による対単運動は遠心性線維の直接興奮に、高頻度刺激による円滑なる運動は皮質細胞の閾下加重によると述べている。これに対して Cure & Rasmussen²³⁾ や Mihailovic & Delgado²¹⁾ はかかる刺激頻度の変化による運動性反応の相違は脊髄レベルでの皮質下性興奮の加重によるものであると述べている。本実験では視床腹部においてもなおリズムある顎運動を誘発し得ているから反復運動は脳幹部の多くの介在ノイロンの有機的活動によるものであると思われる。刺激頻度を増大すると反応潜時が短縮したが、Mihailovic & Delgado が述べている如く、この現象は介在ノイロンの加重時間の短縮に帰納せられるものであろう。

皮質顎運動領からの下行路は内包を通過することを確認したが Miller³⁾ は家兎について内包の下部の電気刺激により顎運動を誘発している。また Magoun⁴⁾ も猫について内包の腹内側部より咀嚼運動を生ぜしめている。故に本実験の結果は彼等の報告と一致している。また 15 c/sec 以上の刺激で常にリズムある顎運動を誘発し得た。

内包および視床腹部より生じた顎運動は本質的には皮質のそれとよく類似していた。即ち、内包および視床腹部からの運動は 15 c/sec 以上の刺激頻度では 5.0-5.5 c/sec のリズムを有し開口方向に優位の動きであり、潜時と刺激頻度および閾値と刺激頻度の相関も皮質のものと同く類似していた。故に顎運動に関して皮質、内包および視床腹部は一連の伝導路を形成していると仮定される。おそらくこの伝導路は中脳網様体を経て三叉神経運動核に達するものと思われるが、この点については第2編にて論じたい。

近時、食行動、舌なめづりおよび咀嚼運動な

どが扁桃核群の刺激により誘発されることが明らかになった^{6,8,9,12,13})が、扁桃核群中のこれら反応誘発点の局在に関しては意見の一致をみない。本実験でも扁桃外側核の刺激によりリズムある顎運動を誘発し得た。これは Wood¹³)および Shealy & Peele¹²) の報告と一致している。

扁桃核より誘発された顎運動像と皮質からのものとは全く相違していた。即ち扁桃核より誘発された顎運動は 3.5-4.0 c/sec のリズムを有したのに対して、皮質からのものは 4.5-5.8 c/sec のリズムであった。この扁桃核より生ずる顎運動リズムは家兎の人参咀嚼時のリズムが 3.5-4.0 c/sec であること²⁴)から、家兎の正常咀嚼リズムとよく一致している。また扁桃核からの顎運動は閉口方向に優位に振れる顎の動きであることは皮質からの運動が開口優位であるのと対照的であった。さらに扁桃核は皮質に比して顎運動誘発反応の刺激閾値電圧が低く、潜時が長かった。この点も皮質と扁桃核の顎運動に対する関与のし方の相違を物語っている。

大脳脚刺激の際、刺激頻度に一致した顎の対単運動が、30 c/sec 以上の高頻度刺激によって顎筋拘縮を誘発し顎の咬みしめが生じた。この事実は Rethi²⁵), Carpenter²⁶), Miller³) および Magoun⁴) によっても認められている。しかし Miller³) は大脳脚刺激による顎の対単および顎の咬みしめは頭蓋より三叉神経への電流滑走により誘発されたものと考えた。本論文第2編に記す如く筋電図測定の結果から大脳脚刺激の際の顎の対単および咬みしめは電流滑走と考えてよい。上記の顎運動を誘発した脳各部の他に、石塚²⁷)は海馬回刺激によっても咀嚼運動が生ずると報告したが本実験では海馬刺激により顎運動以外に常に体性および自律系反応を伴い海馬が顎運動に関与し一次的作用を営む部位とは考えられない。従って海馬は顎運動の特異的領野と云うよりもむしろ Kaada⁷) や Papez²⁸) によって述べられている如く、自律中枢もしくは自律反応の積分に関与する central circuit の1つであると思われる。Hess²⁹)は分界条の基底部刺激によってリズムある顎運動が生じたこと

を報告したが、著者は同部の刺激では顎運動は誘発し得なかった。

Rethi²⁵) は猫で、平山⁵) は犬で視床刺激により咀嚼運動を誘発し、Hess & Magnus³⁰)も猫で視床の腹側核刺激によって顎運動を生ぜしめている。しかし我々は視床の腹内側核を刺激すると顎運動は誘発し得たが、その運動は常に四肢の伸展や転位および流涎を伴った。しかも同部から生じた顎運動反応の潜時は長かった。従って著者は視床腹内側核を顎運動に特異的な領野と考えることは出来ない。

Larsson³¹) は羊や山羊について視床下部の腹内方で咀嚼運動を生ぜしめているが、同部刺激では純粹の顎運動は誘発し得なかった。

本実験で、皮質顎運動破壊後も扁桃核からの顎運動はほとんど影響されず、また逆に扁桃核破壊後皮質からの顎運動は影響されなかった。かかる事実より皮質および扁桃核から誘発される顎運動は全く相違しており、しかもそれらは全く独立して誘発されるものであろう。この問題に関しては Baldwin¹¹)も著者と同様な見解を持つことを僅かに記載している。

各神経細胞は各刺激のパルスに反応するはずである。しかしあるレベル以上の刺激では刺激パルスのリズムとは直接無関係の固有リズムの総合された反応即ち咀嚼様運動が出現した。この機能の転換機序は不明である。おそらく個々の神経細胞間の機能的調整が重要な役割を演じているものと思われる。この点はさらに研究すべき問題である。

V. 総 括

家兎を用い顎運動を誘発する脳部位の分布を決定し、誘発された顎運動自体の特性を分析した。

1. 皮質顎運動領は Area insularis の吻側で Area postcentralis の外側に囲まれた部位に局在していた。同部から誘発する顎運動は低頻度刺激 (15 c/sec 以下) では対単運動であり、高頻度刺激 (30 c/sec 以上) では 4.5-5.8 c/sec の開口方向優位に振れるリズムある咀嚼様の顎運動

であった。内包および視床腹部から誘発された顎運動も皮質のそれによく類似していた。

扁桃外側核から誘発された顎運動は 4.0 c/sec 以下の低頻度刺激では顎の対単運動であり、高頻度刺激 (約 15 c/sec 以上) では 3.5-4.0 c/sec の閉口方向に優位に振れるリズムある咀嚼様顎運動で、そのリズムは正常咀嚼のリズムと極めて類似していた。また皮質に比して扁桃核の反応閾値は低く、反応潜時は大であった。

2. 皮質性および扁桃核性顎運動を独立的に誘発し得た。さらにこれらの領野の一方を破壊しても他方から誘発される顎運動は何ら影響を受けなかった。

3. 皮質顎運動領から三叉神経運動核までの下行性伝導路は内包、視床腹部および中脳網様体を経るものと思われる。

扁桃核からの下行路は中脳網様体を経て三叉神経運動核に達し内包および視床腹部は介さないことが推察された。

稿を終るに当り、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った河村洋二郎教授に対し衷心より感謝の意を表し、またこの研究に対し種々御協力をいただいた教室員各位に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) Fritsch, G. T. und J. E. Hitzig (1870) Über die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns. Arch. f. Anat. u. Physiol. Wiss. Med. **370**, 300-332
- 2) Sherrington, C. S. (1917) Reflexes elicitable in the cat from pinna vibrissae and jaws. J. Physiol. **51**, 404-431
- 3) Miller, F. R. (1919-1920) The cortical paths for mastication and deglutition. J. Physiol. **53**, 473-478
- 4) Magoun, H. W., S. W. Ranson & C. Fisher (1933) Corticofugal pathways for mastication, lapping and other motor functions in the cat. Arch. Neurol. & Psychiat. **30**, 292-308
- 5) 平山唯康 (1943) 皮質性咀嚼運動に関する実験生理学的研究 条件反射 **6**, 169-185
- 6) Kaada, B. R. (1951) Somatomotor autonomic and electrocorticographic responses to electrical stimulation of rhinencephalic and other structures in primates cat and dog. Acta Physiol. Scand. **24**, (suppl. 83) 1-263
- 7) Kaada, B. R., J. Jr. Jansen & P. Andersen (1953) Stimulation of the hippocampus and medial

- cortical areas in unanesthetized cats. Neurol. **3**, 844-857
- 8) Kaada, B. R., P. Andersen & J. Jr. Jansen (1954) Stimulation of the amygdaloid nuclear complex in unanesthetized cats. Neurol. **4**, 48-64
- 9) Baldwin, M., L. L. Frost & C. D. Wood (1954) Investigation of the primate amygdala. Movement of the face and jaw. Neurol. **4**, 586-598
- 10) Koikegami, H., S. Fuse, T. Yokoyama, T. Watanabe & H. Watanabe (1955) Contributions to the comparative anatomy of the amygdaloid nuclei of mammals with some experiments of their destruction or stimulation. Folia psychiat. neurol. jap. **8**, 336-370
- 11) Baldwin, M., L. L. Frost & C. D. Wood (1956) Investigation of the primate amygdala. Movements of the face and jaws. 2. Effect of selective cortical ablations. Neurol. **6**, 288-293
- 12) Shealy, C. N. & T. L. Peele (1957) Studies on amygdaloid nucleus of cat. J. Physiol. **20**, 125-139
- 13) Wood, C. R., L. L. Frost & M. Baldwin (1958) Localization within the amygdaloid complex of anesthetized animals. Neurol. **8**, 477-480
- 14) Mac Lean, P. D. (1958) The limbic system with respect to self-preservation and preservation of the species. J. nerv. and ment. Dis. **127**, 1-11
- 15) Sawyer, C. H., J. W. Everett & J. D. Green (1954) The rabbit diencephalon in stereotaxic coordinates. J. Comp. Neurol. **101**, 801-824
- 16) Ferrier, D. (1886) The function of the brain. ed. 2, London: Smith, Elder & Co. Vol. 23 (Magoun (1933) より)
- 17) Rioch, J. M. (1934) The neural mechanism of mastication. Am. J. Physiol. **108**, 168-176
- 18) Liddell, E. G. T. & C. G. Phillips (1951) Overlapping areas in the motor cortex of the baboon. J. Physiol. **112**, 392-399
- 19) Walker, A. E. & H. D. Green (1938) Electrical excitability of the motor face area. J. Neurophysiol. **1**, 152-165
- 20) Penfield, W. & E. Boldrey (1937) Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. Brain **60**, 389-443
- 21) Mihailović, L. & J. M. R. Delgado (1956) Electrical stimulation of monkey brain with various frequencies and pulse duration. J. Neurophysiol. **19**, 21-36
- 22) Lilly, J. C., G. M. Austin & W. W. Chambers (1952) Threshold movements produced by excitation of cerebral cortex and efferent fibers with some parametric regions of rectangular current pulses (cats and monkeys). J. Neurophysiol. **15**, 319-342

- 23) Cure, C. & T. Rasmussen (1954) Effects of altering the parameters of electrical stimulating currents upon motor responses from the precentral gyrus of *Macaca mulatta*. *Brain* **77**, 18-34
- 24) 河村洋二郎・塚本周作 (1959) 咀嚼習慣形成機序に関する実験的研究 I. 食物粉碎度と嚥下閾 歯界展望 **16**, 107-114
- 25) Réthi, L. (1893) Das Rindenfeld, die subcorticalen Bahnen und das Coordinationcentrum des Kauens und Schluckens. *Wien: Sitzungsab. d. k. Akad. d. Wissensch. Mathnaturw. Cl.* **102**, 359 (Magoun (1933) より)
- 26) Carpenter, E. G. (1895) *Cntrbl. f. Physiol.* **9**, 337 (Miller (1919-1920) より)
- 27) Ishizuka, Y. (1943) Masticatory movement from hippocampal gyrus. *Jap. J. of Brain Physiol.* **6**, 47-52
- 28) Papez, J. W. (1937) A proposed mechanism of emotion. *Arch. Neurol. & Psychiat.* **38**, 725-743
- 29) Hess, W. R. (1947) *Die Funktionelle Organization des Vegetativen Nerven-system.* Basel: Benno Schwabe
- 30) Hess, W. R. und W. O. C. Magnus (1943) Leck- und Kau-Automatismen bei elektrischer Reizung im Zwischenhirn. *Helvet. Physiol. Pharmacol.* **1**, 533-547
- 31) Larsson, S. (1954) On the hypothalamic organisation of the nervous mechanism regulating food intake. *Acta Physiol. Scand.* **32** (suppl. 115),

顎運動の中樞神経機構に関する研究 612.823.5:612.826.2

Ⅱ. 家兎大脳皮質および扁桃核の咀嚼筋への下行性伝導路

Studies on brain mechanisms of jaw movements

Ⅱ. Innervation from the cortical jaw motor area and amygdaloid nucleus to jaw muscles

(本論文の要旨は第36回日本生理学会総会 (1959) に於いて発表した)

塚 本 周 作 (TSUKAMOTO-Shusaku)*

By means of EMG and EEG, the innervation from the cortical jaw motor area and from the lateral amygdaloid nucleus to the jaw muscles was studied in the rabbit.

1) By a single shock on either the unilateral cortical jaw motor area, internal capsule, subthalamus or deeper part of mesencephalic reticular formation, the digastric muscles showed marked bilateral electromyographic responses. However, the masseter did not respond at all.

2) Upon the low frequency repetitive stimulation of the unilateral cortical jaw motor area the driving responses of EEG were evoked ipsilaterally in the subthalamus and deeper part of mesencephalic reticular formation.

3) The corticofugal pathway for jaw movement was speculated by above described results to have an intercalary center in the subthalamic region after passing through the internal capsule. This pathway may have a decussation at the level of mesencephalic reticular formation.

4) Stimulation of either the lateral amygdaloid nucleus or dorsal part of the mesencephalic reticular formation induced electromyographic response only from the ipsilateral masseter.

5) In the dorsal part of the mesencephalic reticular formation, the marked driving of EEG and after discharge were elicited with the low frequency repetitive stimulation of the lateral amygdaloid nucleus.

6) The neural descending pathway from the lateral amygdaloid nucleus was traced in the dorsal part of mesencephalic reticular formation to the trigeminal motor nucleus. And this pathway showed predominant innervation to the masseter than the digastric.

Ⅰ. 緒 言

第1編¹⁾において家兎の皮質顎運動領が前側頭部皮質に局在すること、および扁桃外側核部にも電気刺激により顎運動を誘発する点が局在することを明らかにした。この皮質顎運動領より誘発された顎運動と扁桃核より誘発されたものとでその運動様相が相違するのみならず、一方の破壊によっても他方から誘発される運動に何等影響が現れないことから、これら2つの領

野はそれぞれ別個の下行路を介して顎運動を誘発していることが推察される。本実験はこれら皮質および扁桃核からの下行性伝導路を顎筋に生じる誘発電位および脳波に現れる反応²⁾を利用して、生理学的に究明したものである。

Ⅱ. 実験方法

14羽の成熟家兎を使用した。麻酔、動物の固定、脳刺激法などは総て前報に記述したのと同様である。本実験では顎運動を誘発する脳各部を点状に単発刺激し両側顎二腹筋(開口筋)および両側咬筋(閉口筋)に生じる単収縮を筋電図によって記録した。脳各部の刺激には尖端を

* 大阪大学歯学部口腔生理学教室(河村洋二郎教授)
Dept. of Oral-Physiol., Dental School, Osaka Univ.
(昭和37年11月13日受付)

除き絶縁した直径 150μ の双極ステンレス・スチール線電極を用いた。刺激パルスには10-15V (閾値), 持続時間 1-2 msec の矩形波単発刺激を用い顎筋に単収縮を誘発させた。筋電図記録用電極としては一部を剝離した直径 200μ の絶縁銅線を用い, 筋中に植込み, 抵抗・容量結合型5段増巾2素子筋電図増巾器および2素子陰極線オシログラフによって筋電図を記録した。下行性伝導路及び伝導路に交叉が存在するか否かを確定せんが為に, 一部実験では一側皮質顎運動領の切除, 大脳脚の電氣的破壊あるいは間脳および中脳の中心線縦切断を行った後刺激を行った。脳波測定には, 前記のステンレス・スチール刺激電極を記録電極として用い, この2本の双極電極を 2.0 mm あるいは 2.5 mm 間隔に平行に固定し stereotactically に脳表面より脳中に挿入した。大脳皮質顎運動領および扁桃外側核を刺激し, 自発性脳波に最も強く driving を出現する部位をもって大脳皮質顎運動領および扁桃外側核と投射の密なる部位であると判定した。なお脳波記録は2素子脳波計を使用し, 2ヶ所の脳波を同時記録した。実験終了後, 刺激および破壊の部位は組織的に検索した。

Ⅲ. 実験成績

1. 脳各部の刺激により誘発される顎筋反応

図1に示したごとく一側皮質顎運動領 (Area insularis の吻側で Area postcentralis の外側) を単発刺激した場合, 両側顎二腹筋より8.5-9.0 msec の潜時で明確に筋電図反応が記録された。しかし咬筋には何ら反応を認めなかった。両側顎二腹筋の反応には刺激側筋と反対側筋で多少相違し, 前者の筋反応の振巾はわずかに後者より大であったが, 反応潜時そのものには特記すべき差異を認めなかった。

一側内包の腹内側刺激では, 図2に示した如く, 両側顎二腹筋より潜時約 8.0-8.5 msec で反応が誘発された。しかしその誘発筋電図反応の振巾は皮質刺激の場合と同じく刺激側の方が反対側よりもわずかに大であった。また咬筋の反応は認められなかった。

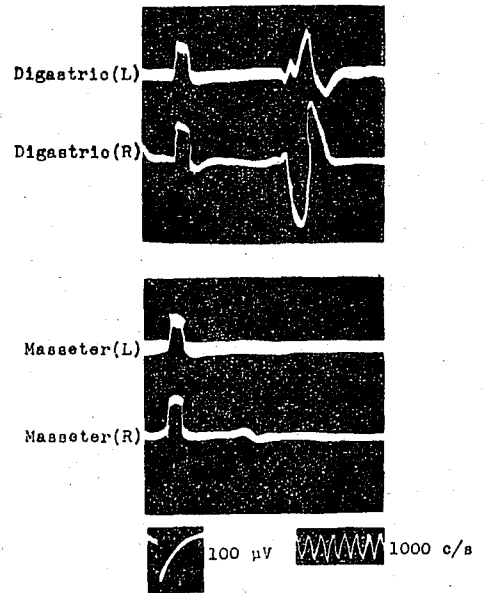


Fig. 1.

Electromyographic responses of jaw muscles from the right cortical jaw motor area.

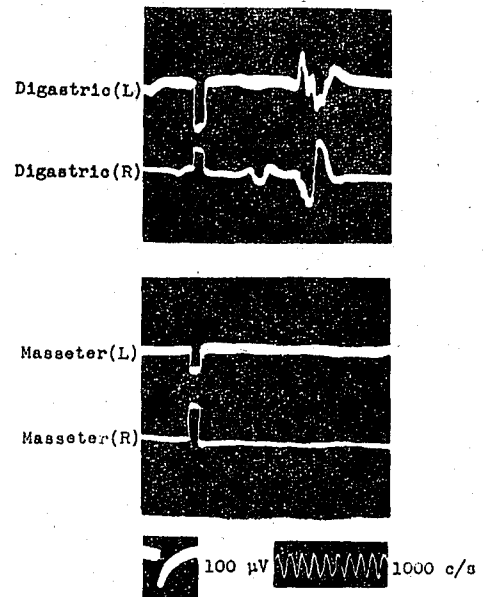


Fig. 2.

Electromyographic responses of jaw muscles from the right internal capsule.

一側視床腹部刺激では図3に示した如く潜時 8.0 msec で両側顎二腹筋に反応が出現し, しか

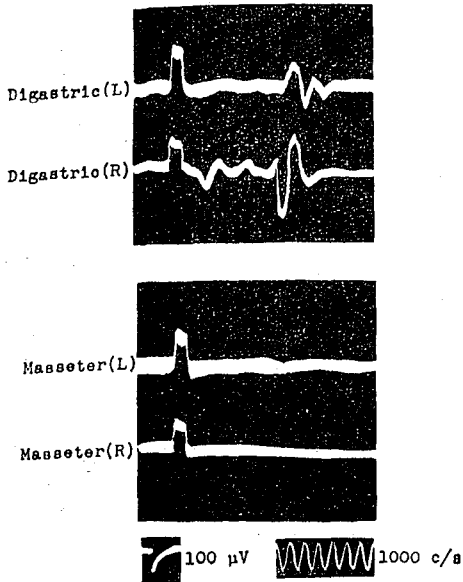


Fig. 3.

Electromyographic responses of jaw muscles from the right subthalamus.

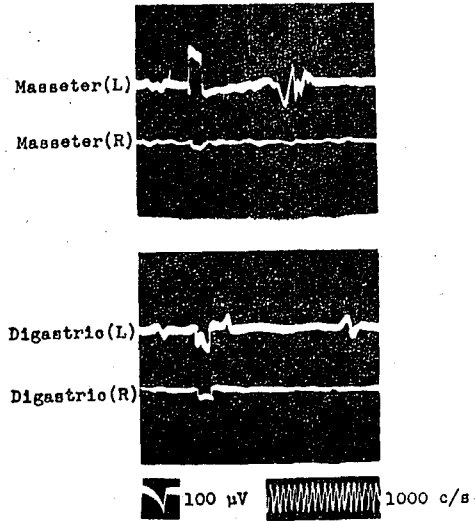


Fig. 4.

Electromyographic responses of jaw muscles from the left lateral amygdaloid nucleus. A small wave in the recording of digastric muscle (L) is a spontaneous activity and not a evoked one.

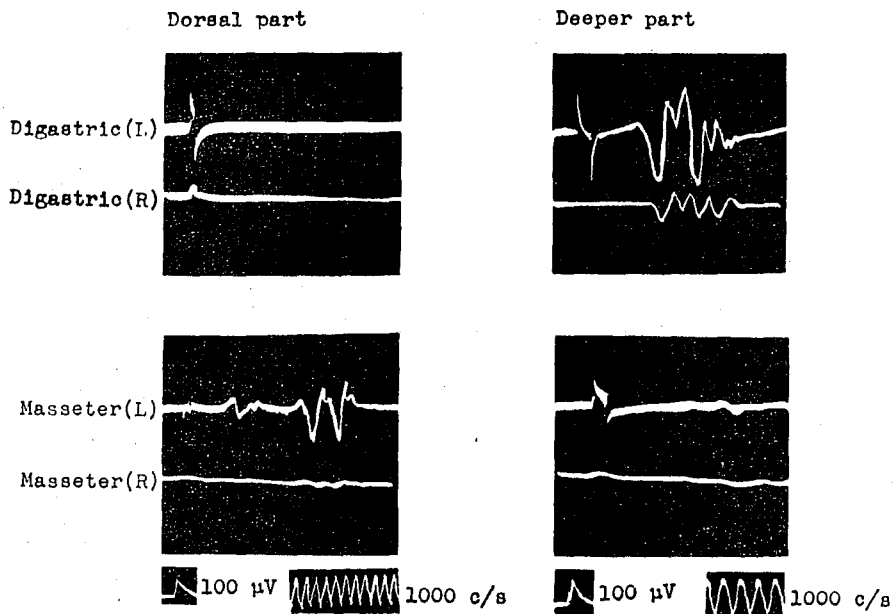


Fig. 5.

Electromyographic responses of jaw muscles from the left mesencephalic reticular formation. Left side is a recording from a spot about 7.0 mm deep from the dorsal surface of the midbrain. Right side is a recording from a spot about 10.0 mm deep from the dorsal surface of the midbrain.

もその反応は刺激側が反対側より大であった。しかし咬筋には何ら筋反応を認めなかった。

一側扁桃外側核刺激では図4に示した如く、潜時約 15.0 msec で刺激側咬筋にのみ誘発筋電図が出現した。しかし反対側咬筋および両側顎二腹筋には何ら反応を認めなかった。

一側中脳網様体部では、図5に示した如く、脳表面より 7.0-9.0 mm の深さの点の刺激では刺激側咬筋にのみ潜時約 11.5-13.0 msec で反応が出現した。しかし対側咬筋および両側顎二腹筋には何ら反応を認めなかった。脳表面より 10.0-11.0 mm の深さの点では潜時 3.0-4.5 msec で両側顎二腹筋にのみ反応が誘発されたが、両側咬筋には何ら反応は生じなかった。また両側顎二腹筋の誘発筋電図反応の振巾は刺激側が反対側よりもわずかに大であった。

図6に示したごとく、一側三叉神経運動核刺激により、両側顎二腹筋および両側咬筋が共に 2.5-3.0 msec の潜時で反応した。これら筋反応の振巾は刺激側に比し反対側がわずかに小であった。

2. 脳各部の破壊の影響

図7下段に示した如く、両側大脳脚を電気凝固した。かくの如き大脳脚破壊後にもなお、皮

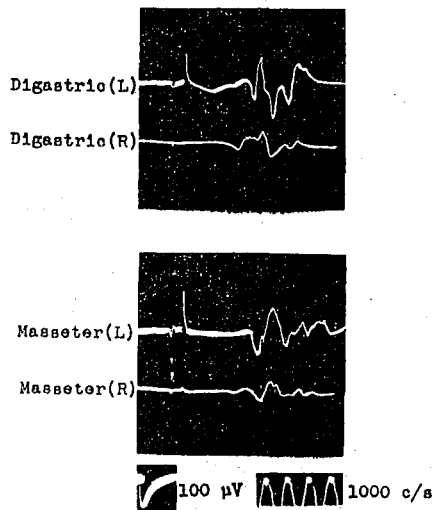


Fig. 6.

Electromyographic responses of jaw muscles from the left trigeminal motor nucleus.

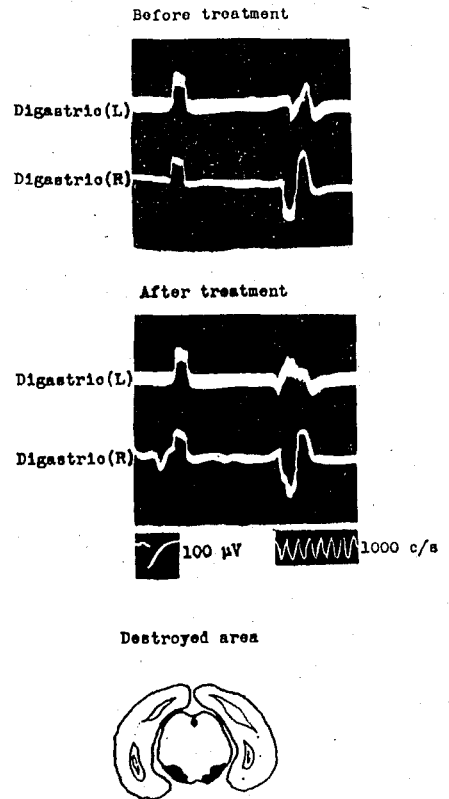


Fig. 7.

Effects of electrocoagulation of the cerebral peduncles on cortically evoked jaw responses.

R : stimulated side

L : contralateral side

質顎運動領刺激によって両側顎二腹筋に筋電図反応が誘発された。しかも破壊前と比較して反応には全く何らの影響も認められなかった。

一側皮質顎運動領を図8に示したごとく切除した後、反対側皮質顎運動領（健側）を刺激した。この処置により刺激側顎二腹筋の反応は、図8に示した如く術前と変らなかったが、破壊側の顎二腹筋反応は振巾が術前よりやや小となった。またこの際顎二腹筋に筋電図反応を誘発せしめる閾値は術前よりもやや増大した。

図9に示した如く、一側皮質顎運動領切除に加えて視床腹部の尾側レベルまで脳の縦切断を行った。この処置後健側皮質顎運動領の刺激により誘発する両側顎二腹筋反応は術前に比し著変を示さなかった。さらにこの縦切断を中脳網

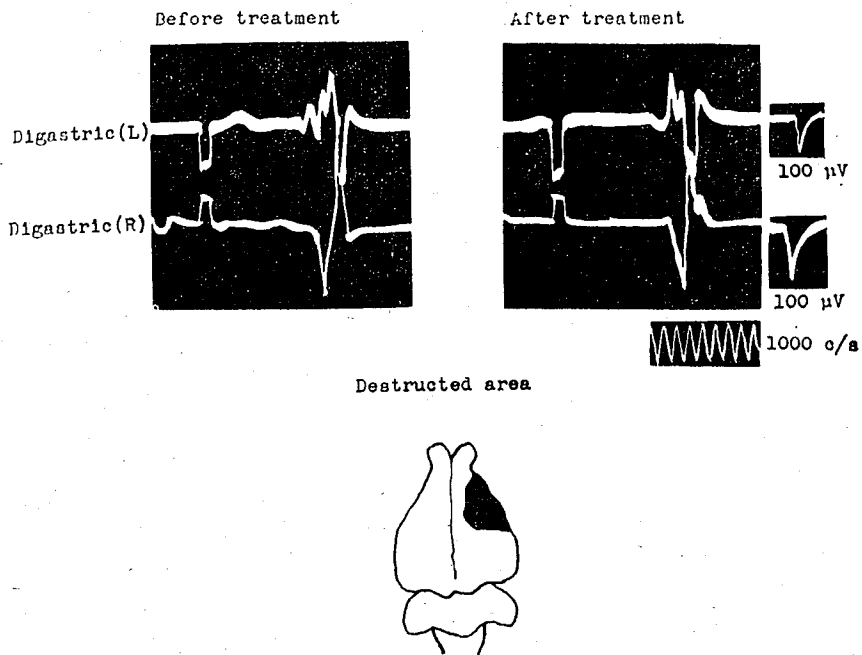
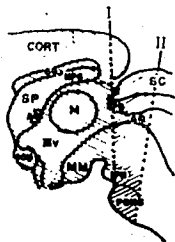
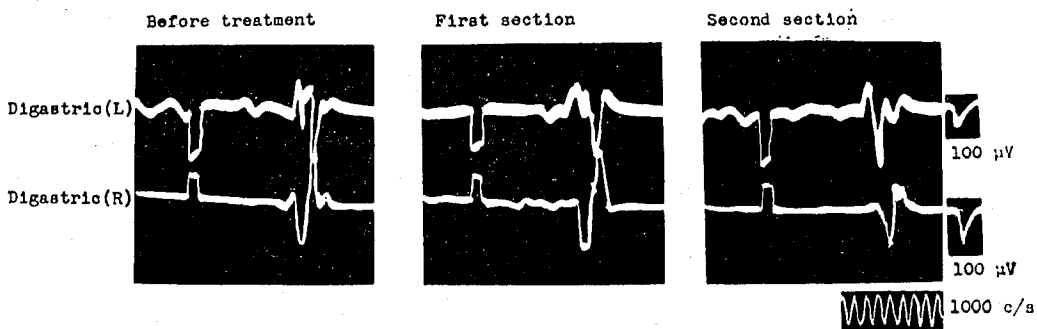


Fig. 8. Effects of unilateral cortical ablation.

R : contralateral side

L : stimulated side



I : first section (at the level of subthalamus)

II: second section (at the level of mesencephalic reticular formation)

Fig. 9. Effects of transection of brain.

R : contralateral side

L : stimulated side

様体の尾側レベルまで延長した際、顎二腹筋反応の潜時は変化しなかったが、皮質破壊側の顎二腹筋反応の振幅は著明に減少した。

3. 脳波反応所見

図10に示した如く Sawyer の家兎脳地図³⁾ P2 のレベルで正中より左側へ 2.5 (内側電極) および 5.0 (外側電極)、深さ +1~-2 の範囲にわたって脳波活動を記録し、左側皮質顎運動領刺激 (5 V, 1.0 msec, 10 c/sec および 6 c/sec, 5 秒間) により誘発される脳波反応を検討した。これら部位の脳波反応を図11に示した。すなわち図中上段の掃引は外側電極より、下段の掃引

は内側電極より記録した脳波活動で、上向き矢印および下向き矢印は刺激の開始および中止を示す。また左列は 10 c/sec 刺激、右列は 6 c/sec 刺激の場合である。外側、内側の両電極が深さ +1 に達するとはじめて両電極部より driving 反応が出現し、深さ -1 にてその活動が最大となり -1 より -2 となるに従って減少した。driving の強度は内側電極からの記録が外側のものに比して大であった。内側電極で最大の driving を示した深さ -1 の部位は先に誘発筋電図法で顎二腹筋から著明な電位活動を誘発した視床腹部に一致している。

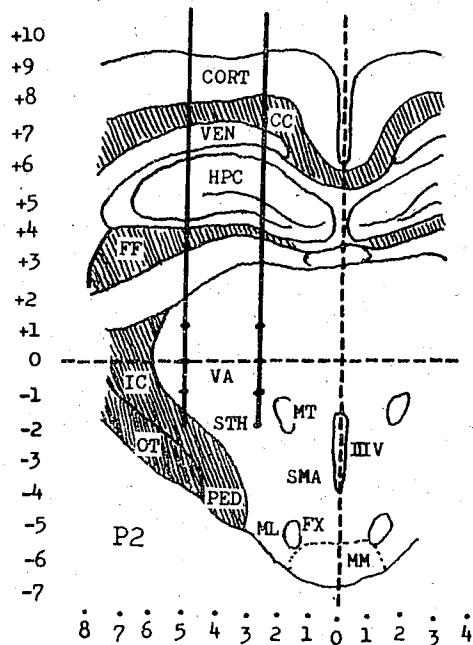


Fig. 10.

The recording sites of EEG upon the stimulation of the cortical jaw motor area. This transverse section indicates the plane of 2 mm posterior to the anteroposterior zero plane through Bregma.

CC : Corpus callosum
CORT : Cerebral cortex
FF : Fimbria of fornix
FX : Fornix
HPC : Hippocampus
IC : Internal capsule
ML : N. mammillaris lateralis
MM : N. Mammillaris medialis

MT : Mammillo-thalamic tract
OT : Optic tract
PED : Basis pedunculi
SMA : Supramammillary area
STH : Subthalamus
VA : N. ventralis anterior
VEN : Ventricle
III V : Third ventricle

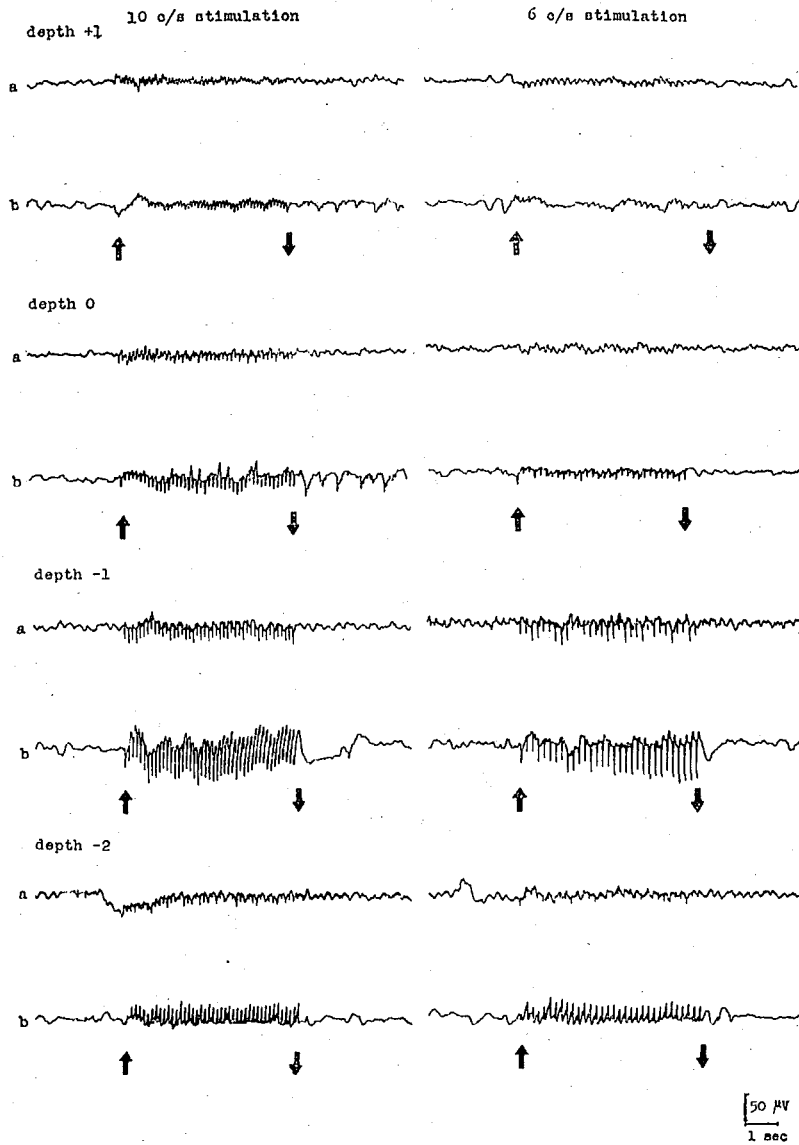


Fig. 11.

Potentials in the subthalamic regions elicited by stimulation of the cortical jaw motor area.

a : The recording from the lateral electrode

b : The recording from the medial electrode

左側大脳皮質顎運動領を刺激し、図12に示した如く P8 のレベルで正中より左側へ 2.0 (内側電極) および 4.5 (外側電極), 深さ -2~-5 にわたる範囲に誘発される脳波反応を検討した。図13に示した如く外側電極からはいずれの深さからも著明な脳波反応はみとめられなかった。しかし内側電極から深さ -3 および -4 の点で最大の driving が記録された。この最大 driving を示す部位は先の実験で顎二腹筋に誘発筋電図反応を生じた脳幹網様体部とほぼ一致している。

左側扁桃外側核を 3.5 V, 1.0 msec, 10 c/sec

および 6 c/sec で 5 秒間刺激し P9 のレベルで正中より左側へ 0 (内側電極) および 2.0 (外側電極), 深さ +1~-2 にわたる範囲 (図14) で脳波活動を記録した。図15はその際の脳波反応を示す。すなわち上段の掃引は外側電極, 下段の掃引は内側電極より記録した脳波を示す。内側電極では深さ +1~-2 にわたる部分からは特記すべき脳波反応を認めなかったが, 外側電極からは深さ -1~-2 にわたる部位から著明な driving が記録された。特に深さ -1 の点では刺激中止後も約40秒間にわたって後発火が観察された。従って最大の driving 反応と著明

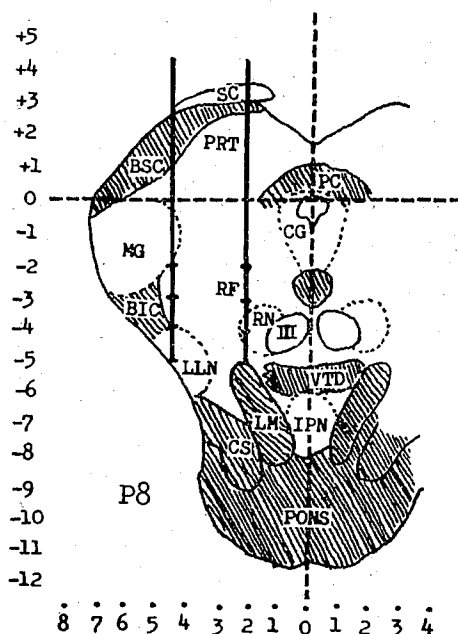


Fig. 12.

The recording sites of EEG upon the stimulation of the cortical jaw motor area. This tranverse section indicates the plane of 8 mm posterior to the anteroposterior zero plane through Bregma.

BIC : Brachium of inferior colliculus
BSC : Brachium of superior colliculus
CG : Central grey
CS : Corticospinal tract
IPN : N. interpeduncularis
LLN : N. of lateral lemniscus
LM : Medial lemniscus
MG : Medial geniculate body

PC : Posterior commissure
PRT : Pretecal nuclei
RF : Reticular formation
RN : Red nucleus
SC : Superior colliculus
VTD : Ventral tegmental decussation
III : Oculomotor nerve

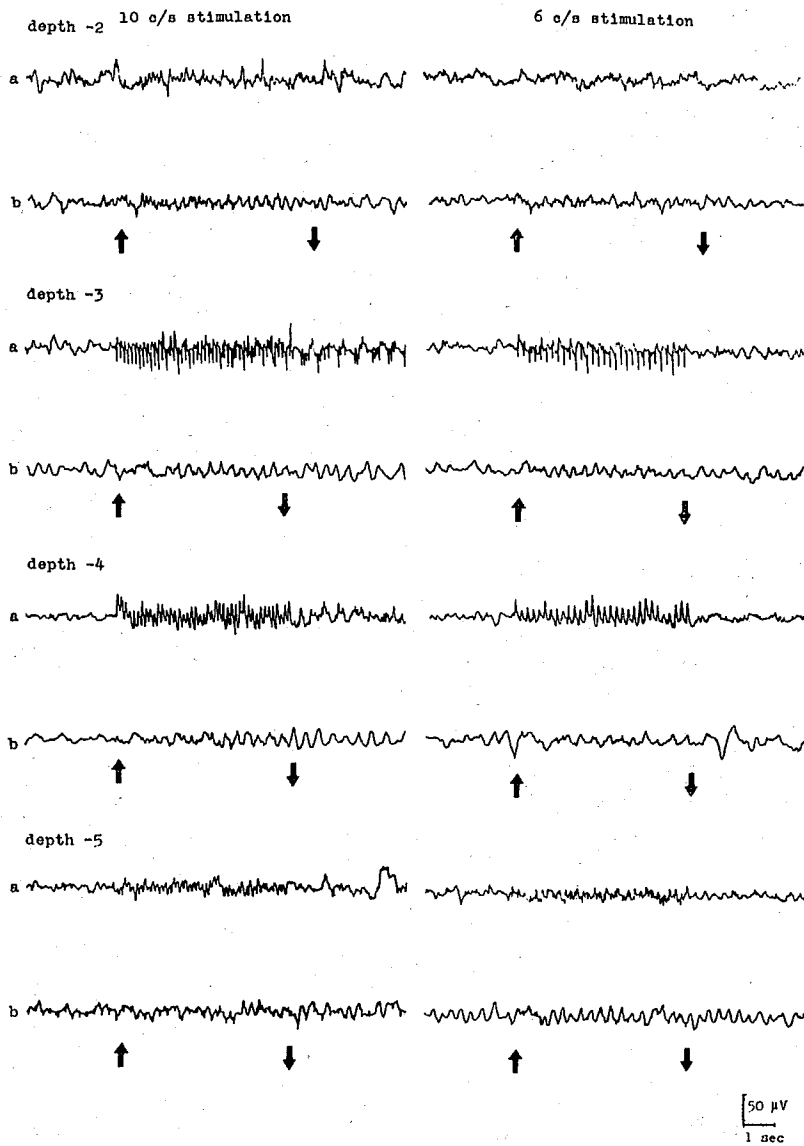


Fig. 13.

Potentials in the mesencephalic reticular formation elicited by stimulation of the cortical jaw motor area.

a : The recording from the medial electrode

b : The recording from the lateral electrode

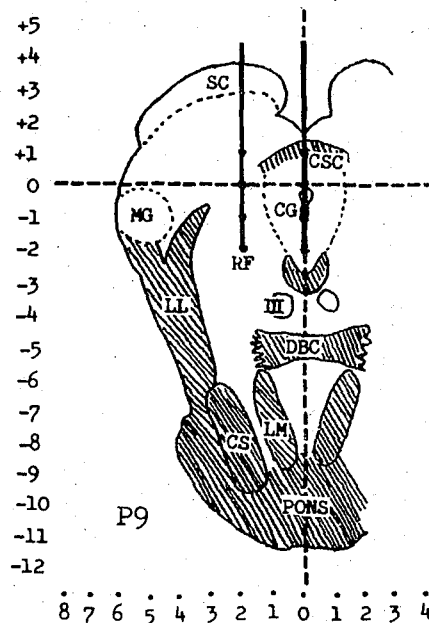


Fig. 14.

The recording sites of EEG upon the stimulation of the lateral amygdaloid nucleus.

This tranverse section indicates the plane of 9 mm posterior to the anteroposterior zero plane through Bregma.

CG : Central grey

CS : Corticospinal tract

CSC : Commissure of superior colliculus

DBC : Decussation of brachium conjunctivum

LL : Lateral lemniscus

LM : Medial lemniscus

MG : Medial geniculate body

RF : Reticular formation

SC : Superior colliculus

III : Oculomotor nerve

な後発火を示した深さ -1 の部に扁桃外側核からの投射が最も密であると考えられた。この部は先の誘発筋電図で咬筋に著明な活動電位を誘発した脳幹網様体部に一致している。

IV. 考 察

以上皮質顎運動領および扁桃核刺激によって誘発される顎筋筋電図反応と、上記部位の刺激に対し脳波に driving 反応を誘発する脳部位の局在を考慮し、皮質および扁桃核から延髄三叉神経運動核までの下行路について考察を加えた。

皮質、内包、視床腹部および中脳網様体深部の刺激によって両側咬筋からは何らの筋電図反応も記録されなかった。従って咬筋は上記各部

からは直接強力な機能的支配を受けていないことが考えられる。これに対し皮質、内包、視床腹部および中脳網様体深部の単発刺激で両側顎二腹筋から明らかに筋電図反応が誘発されたから、皮質顎運動領は顎二腹筋に強力なインパルスを送ることおよび皮質顎運動領からは上記各脳構造を介して顎二腹筋支配の三叉神経運動核にインパルスが伝えられることが考えられる。言い換えれば大脳皮質顎運動領からの下行性伝導路は内包、視床腹部および中脳網様体深部を経るものと考えてよい。

皮質顎運動領を刺激して誘発される顎二腹筋の反応は刺激側が大であった。この事実より顎二腹筋は両側性に皮質より支配されているが、同側支配がより優位であることを物語ってい

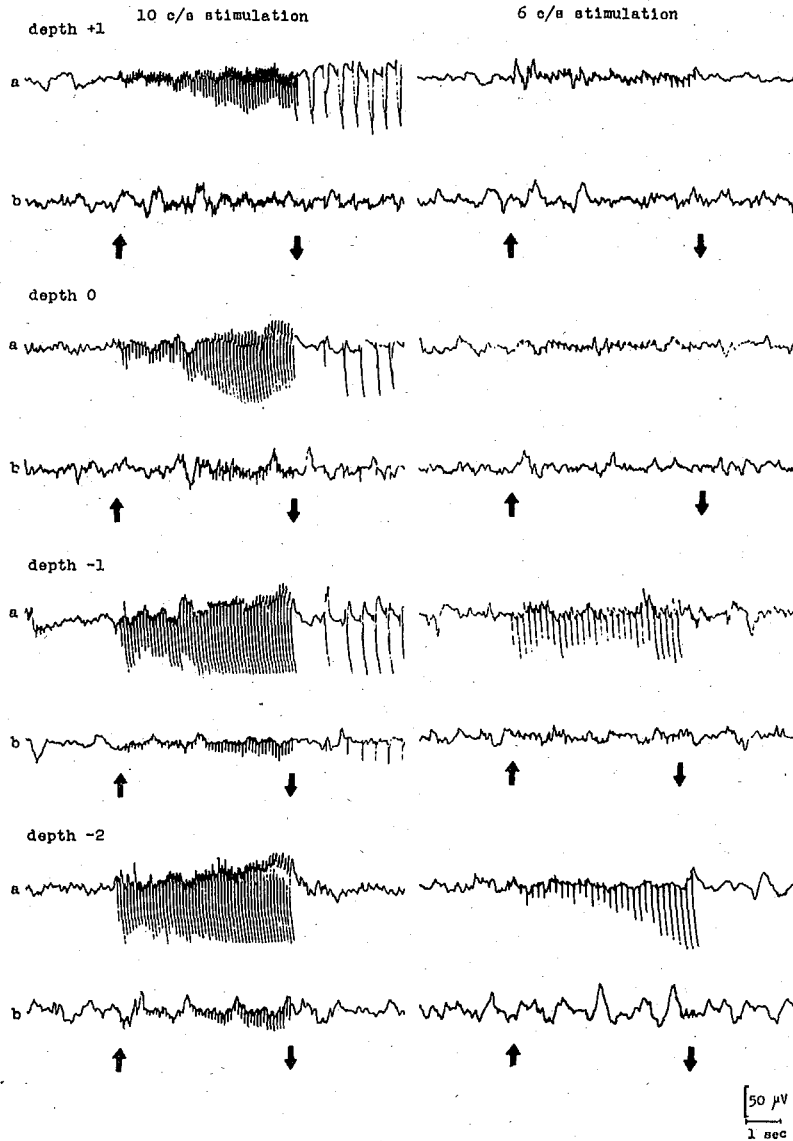


Fig. 15.

Potentials in the mesencephalic reticular formation elicited by stimulation of the lateral amygdaloid nucleus.

a : The recording from the lateral electrode

b : The recording from the medial electrode

る。

Sherrington⁴⁾は開口機能は皮質で大なる投射を有すると述べ、Rioch⁵⁾は皮質性伝導路刺激は開口筋群を興奮せしめ閉口筋群を弛緩すると報告している。すでに著者¹⁾もまた皮質顎運動領から誘発する顎運動は開口優位であることを報告した。Ruch⁶⁾は解剖的伸筋よりも、また遠心側位の筋が近心側位の筋よりも皮質投射がより大であると述べている。顎筋に関しては、Kawamura⁷⁾らは顎二腹筋(開口筋)は伸筋に、咬筋(閉口筋)は屈筋に相応するものと想定している。従って、皮質顎運動領が開口筋群(顎二腹筋)を優位に支配した本実験の結果は前記先人の研究結果を確認すると共に、皮質顎運動領が開口筋を支配することをより明確に示したものと云えよう。しかし Penfield & Boldrey⁸⁾は人間の大脳皮質刺激の際開口を示すと同時に閉口を示す点が Precentral および Postcentral の領域に存在することを報告している。恐らく麻酔深度、刺激強度などの相違が皮質からの誘発反応にこのような変化をもたらしているのであろうが、更に人間と家兎間のこの相違の意義については更に検討しなければならない。他方、扁桃外側核および中脳網様体の背側部刺激により刺激側咬筋のみ反応を示し、反対側咬筋および両側顎二腹筋はこの刺激に対して反応しなかった。先に著者¹⁾は扁桃核より誘発する顎運動は閉口方向に向う顎の動きであることを報告したが、Wood⁹⁾も扁桃外側核腹側部の刺激で閉口のみを誘発したと報告している。従って本実験結果も先の見解と一致し扁桃核および中脳網様体は同側咬筋を主として支配することが考えられる。

さらに、皮質刺激により誘発された顎二腹筋反応が扁桃核刺激により誘発された咬筋の反応に比べその反応潜時が短いことから、2つの伝導路はそれぞれ異っており、また後者は三叉神経運動核までにより多くの介在シナプスを有するものと考えられる。

咀嚼に関する皮質からの下行性伝導路については多くの研究者⁵⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾によって究明され

て来た。咀嚼に関するこの伝導路は Rethi¹⁰⁾によれば家兎では内包を通る。他方 Carpenter¹¹⁾は家兎で中脳脚内側部を通過すると述べている。Miller¹²⁾、Rioch⁵⁾らは咀嚼および嚥下に関与する皮質性伝導路は家兎で内包の底部を通過すると報告している。Magoun¹³⁾は猫では咀嚼の皮質遠心性伝導路は内包および中脳脚を経て橋の最尾側端へ達すると述べている。しかし内包以下では咀嚼に関する皮質遠心性伝導路のコースに関しては異論が多い。Rethi¹⁰⁾は間脳もしくは中脳上部に介在中樞が存在すべきことを想定した。Economo¹⁴⁾および Bechterew¹⁵⁾らも Rethi¹⁰⁾の意見と一致しており、咀嚼運動の特異的な介在中樞として黒質を想定した。しかしこの概念は Miller¹²⁾ および Magoun¹³⁾の実験によって否定された。即ち Magoun¹³⁾は猫では舌なめづり運動の皮質遠心性伝導路は同側三叉神経運動核までに交叉することなく到達することを示した。Rioch⁵⁾とまた Magoun¹³⁾らとほとんど同じ意見を述べている。

平山¹⁶⁾は犬においては皮質からの顎運動の伝導路は同側視床を経て後、脳幹部において交叉し反対側に至ることを記述している。平沢¹⁷⁾は皮質からの下行路を解剖学的に検索し、皮質錐体外路を5つの項に分類しその中の1つとして視床を経て中脳被蓋に至る伝導路を述べている。さらに芋川および佐久間¹⁸⁾¹⁹⁾は家兎の皮質外側面の前および後部の破壊により基底核、視床や黒質への変性をみている。生理学的には French²⁾もまた猫について誘発電位法によって皮質より視床腹部および中脳網様体への投射の存在を明らかにしている。さらに Hess & Magnus²⁰⁾は咀嚼と舌なめづりが視床腹側核の刺激によって誘発されることを認めた。先の実験¹⁾においてはリズムある顎運動は視床腹部の刺激により得られた。従って、先人の業績をも考慮すれば皮質顎運動領からの顎運動に関するインパルスは下行路は視床腹部を介するものと考えてよい。

本実験で皮質顎運動領、内包、視床腹部もしくは中脳網様体深部のいずれの刺激によっても

両側顎二腹筋反応が出現した。また、皮質顎運動領を低頻度で刺激した際、視床腹部領域および脳幹網様体深部領域でdrivingが誘発された。しかも、両側大脳脚の破壊によっても皮質刺激により誘発された両側顎二腹筋反応は影響されなかった。故に、顎運動に関与する皮質遠心性伝導路は大脳脚を通ることなく視床腹部領野にて介在中樞を有するものと云い得る。

咀嚼に関する皮質顎運動領からの下行性伝導路の交叉に関し Sherrington⁴⁾ は猫において顎筋は反対側皮質顎運動領によって片側性に支配されている事を示した。また Miller¹²⁾ や Rioch⁵⁾ は家兎の皮質刺激により生ずる咀嚼運動は両側性であることを報告した。しかし Magoun^ら¹³⁾ は猫では皮質顎運動領からの伝導路は交叉することなく三叉神経運動核まで同側性に到達するものであると述べている。平山¹⁶⁾ は犬で咀嚼に関する一側性投射を仮定し中脳のレベルでの交叉の存在を述べている。しかし著者の脳縦切断実験の結果より咀嚼に関して2つの皮質遠心性伝導路が存在することが考えられる。両者は上記視床腹部、中脳網様体深部領野に介在中樞を有しこれら中樞を経て後、1つは三叉神経運動核まで同側を下行するが他の1つは中脳網様体で交叉し反対側三叉神経運動核まで下行するものである。但し誘発筋電図の振巾を考慮すれば同側性支配がより優位であると考えられる。

扁桃核からの下行路に関しては解剖学的には Johnston²¹⁾、Young²²⁾ および Fox²³⁾ によって研究されているが、それらの伝導路の機能的意義に関しては未だ充分になされていない。平沢¹⁷⁾ は嗅球より発し扁桃核を経て中脳被蓋に至る食行動に関与せる運動性伝導路の存在の可能性を報告している。さらに最近では Gloor²⁴⁾ や Buchwald & Ervin²⁵⁾ は扁桃外側核の刺激により被蓋に短い潜時の反応を報告している。哺乳動物では扁桃外側核より中脳被蓋への直接投射は組織学的には確認されていないが、本実験では扁桃外側核および中脳網様体背側部刺激により同側咬筋にのみ筋電図反応が生じ、さらに扁桃外側核刺激により中脳網様体背側部の脳波に

driving 反応が出現した。この事実は扁桃外側核より中脳網様体背側部を経て三叉神経運動核に達する伝導路が存在することを示している。

V. 総 括

家兎を用い顎運動に関与する皮質顎運動領および扁桃外側核の咀嚼筋支配およびこれら領野からの下行性伝導路を顎筋に生じる誘発電位および脳波に現れる反応を利用して生理学的に検索した。

1. 一側皮質顎運動領、内包、視床腹部もしくは中脳網様体深部の単発刺激によって両側顎二腹筋に著明な筋電図反応が誘発された。しかし咬筋には何ら反応を認めなかった、また一側皮質顎運動領を低頻度刺激した際、視床腹部領域および中脳網様体深部の脳波に著明なdrivingが出現した。故に、顎運動に関する皮質遠心性伝導路は内包を経て後、視床腹部領野に介在中樞を有する。この伝導路は中脳網様体部のレベルで交叉しているものと考えられる。

2. 一側扁桃外側核又は中脳網様体背側部の刺激で同側咬筋にのみ筋電図反応が出現した。また扁桃外側核刺激により、中脳網様体背側領域に著明な driving と後発射が誘発された。故に、顎運動に関与する扁桃外側核からの下行性伝導路は中脳網様体背側部を経て三叉神経運動核に達し、咬筋を優位に支配することが推察される。

稿を終るに当り、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った河村洋二郎教授に対し、衷心より感謝の意を表し、またこの研究に対し種々御協力いただいた教室員各位に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 塚本周作(1962)顎運動の中樞神経機構に関する研究 Ⅰ. 家兎の大脳皮質および扁桃核より誘発される顎運動像の分析 日本生理誌 25, 12-24
- 2) French, J. D., R. Hernández-Peón & R. B. Livingston (1955) Projections from cortex to cephalic brain stem (reticular formation) in monkey. J. Neurophysiol. 18, 74-95
- 3) Sawyer, C. H., J. W. Everett & J. D. Green (1954) The rabbit diencephalon in stereotaxic coordinates. J. comp. Neurol. 101, 801-824

- 4) Sherrington, C. S. (1917) Reflexes elicitable in the cat from pinna vibrissae and jaws. *J. Physiol.* **51**, 404-431
- 5) Rioch, J. M. (1934) The neural mechanism of mastication. *Am. J. Physiol.* **108**, 168-176
- 6) Ruch, T. C., H. T. Chang & A. A. Ward (1947) *Epilepsy*. Baltimore : The Williams & Wilkins Co.
- 7) Kawamura, Y., K. Kishi, M. Honda & M. Funakoshi (1953) A study on the decerebrate rigidity. *Med. J. Osaka Univ.* **4**, 65-69
- 8) Penfield, W. & E. Boldrey (1937) Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain* **60**, 389-443
- 9) Wood, C. D., D. B. Schottelius, L. L. Frost & M. Baldwin (1958) Localization within the amygdaloid complex of anesthetized animal. *Neurol.* **8**, 477-480
- 10) Réthi, L. (1893) Das Rindenfeld, die subcorticalen Bahnen und das Coordinationcentrum des Kauens und Schluckens. *Wien : Sitzungsab. d. k. Akad. d. Wissensch. Mathnaturw. Cl.* **102**, 359 (Magoun (1933) より)
- 11) Carpenter, E. G. (1895) *Cntrbl. f. Physiol.* **9**, 337 (Miller (1919-1920) より)
- 12) Miller, F. R. (1919-1920) The cortical paths for mastication and deglutition. *J. Physiol.* **53**, 473-478
- 13) Magoun, H. W., S. W. Ranson & C. Fisher (1933) Corticofugal pathways for mastication, lapping and other motor functions in the cat. *Arch. Neurol. and Psychiat.* **30**, 292-308
- 14) Economo, C. J. (1902) Die centralen Bahnen des Kau- und Schluckactes. *Arch. f. d. ges. Physiol.* **91**, 629 (Magoun (1933) より)
- 15) Bechterew, W. (1909) *Die Funktionen der Nerven: centra*. Jena : Gustav Fischer.
- 16) 平山雅康 (1943) 皮質性咀嚼運動に関する実験生理学的研究 条件反射 **6**, 169-185
- 17) 平沢 興 (1951) 皮質運動系 創元社 大阪
- 18) 芋川稔威・佐久間修一 (1935) 家兎大腦半球外側面後部より発する皮質錐体外路に関する実験的研究 解剖学誌 **8**, 631-650
- 19) 芋川稔威・佐久間修一 (1936) 家兎大腦半球外側面前部より発する皮質錐体外路に関する実験的研究 北越医学誌 **51**, 260-284
- 20) Hess, W. R. & W. O. C. Magnus (1943) Leck- und Kau-Automatismen bei elektrischer Reizung im Zwischenhirn. *Helv. Physiol. Pharmacol.* **1**, 533-547
- 21) Johnston, J. B. (1923) Further contribution to the study of the evolution of the forebrain. *J. Comp. Neurol.* **35**, 337-481
- 22) Young, M. W. (1936) The nuclear pattern and fiber connections of the non-cortical centers of the telencephalon of the rabbit (*Lepus cuniculus*). *J. Comp. Neurol.* **65**, 295-401
- 23) Fox, C. A. (1940) Certain basal telencephalic center in the cat. *J. Comp. Neurol.* **72**, 1-62
- 24) Gloor, P. (1955) Electrophysiological studies on the connection of the amygdaloid nucleus in the cat. Part I : The neuronal organization of the amygdaloid projection system. *EEG. Clin. Neurophysiol.* **7**, 223-242
- 25) Buchwald, N. A. & F. R. Ervin (1957) Evoked potentials and behavior. A study of responses to subcortical stimulation in the awake untrained animal. *EEG. Clin. Neurophysiol.* **9**, 477-496

顎運動の中樞神経機構に関する研究 612.825.2:612.826.2

Ⅲ. 顎運動に対する尾状核の調整機構

Studies on brain mechanisms of jaw movement

Ⅲ. Regulation of jaw movements from the caudate nucleus

塚 本 周 作 (TSUKAMOTO-Shusaku)*

(本論文の要旨は第7回大阪大学歯学会総会 (1960) に於いて発表した。)

Effects of stimulation of the caudate nucleus to jaw movements were analyzed in an anesthetized cat. The results are as follows:

1) There were two distinctly different regions of ventral and dorsal ventro-medial portions of the caudate nucleus and the former region mainly effected to the jaw movements from the cortical stimulation and the latter region had close relation with the jaw reflexes.

2) The chewing like jaw movement was induced by a high frequency stimulation of the cortical jaw motor area of the animal and a single jaw twitch was induced by a low frequency stimulation of the same cortical area. This rhythmic jaw movement was inhibited and the jaw twitch was facilitated by the stimulation of the ventral parts of the caudate nucleus. However, the stimulation of the dorsal parts of the caudate nucleus inhibited the linguo-mandibular reflex and facilitated the jaw jerk reflex. These effects were more easily induced under deep anesthetic condition of the animal.

3) By the stimulation of the dorsal parts of the caudate nucleus, spontaneous unit discharges from the trigeminal motor nucleus which innervates the masseter muscle were facilitated, but the activities of the spot which innervates the occipitomandibular muscle were inhibited.

4) When the ventral parts of the caudate nucleus were stimulated, desynchronization and driving of EEG were recorded from the anterior sylvian gyrus (cortical jaw motor area).

Ⅰ. 緒 言

皮質性誘発運動および末梢性誘発反射を促進する領野および抑制する領野が大脳皮質の特定部位、基底核および脳幹部にわたって存在することが知られている。即ち Mettler ら¹⁾をはじめ多くの研究者たち²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾は皮質刺激によって誘発された下肢運動および末梢性に誘発された反射が尾状核刺激により抑制されることを報告した。これとは反対に尾状核が皮質性に誘発された下肢運動および末梢性に誘発された反射を促進する⁶⁾⁷⁾報告もある。また尾状核の他に脳幹網様体⁸⁾、視床腹部⁸⁾、後視床下部⁹⁾、Anterior limbic cortex¹⁰⁾にも促進作用が、延髄網様体¹¹⁾、

小脳前葉¹²⁾、視床¹³⁾、前視床下部¹⁴⁾、中隔野¹⁴⁾、扁桃核¹⁵⁾、大脳皮質¹⁶⁾などには四肢運動を抑制する部位のあることが知られている。しかし延髄部に運動細胞を有する顎筋活動に対しこれら脳幹部構造がはたして上記の如き抑制あるいは促進作用を示すか否かは今日尚明確にされていない。

本実験は皮質顎運動領刺激により誘発させた顎運動および末梢性に誘発した顎反射(舌顎反射および下顎張反射)に対し前記の如き脳幹の促進および抑制領のうち尾状核が如何なる調整作用をはたしているかを分析したものである。

Ⅱ. 実験方法

成熟猫15匹を使用し、オーロパンソーダ麻酔(メチルヘキサビタルナトリウム, 50 mg/kg 体重 腹腔内注射)のもとに実験を行った。眼球摘

* 大阪大学歯学部口腔生理学教室(河村洋二郎教授)
Dept. of Oral-Physiol., Dental School, Osaka Univ.
〔昭和38年2月15日受付〕

出後、前頭部頭蓋を除去し、前頭眼窩領野を露出させた。脳表面の乾燥防止と保温のため体温に温めた流動パラフィンで脳表面を被覆した後、皮質顎運動領 (anterior sylvian gyrus) を刺激した。刺激電極としては直径 0.5 mm の双極銀線電極を使用し、頻度 1-30 c/sec、持続時間 1.0 msec、強度 5-20 V の矩形波刺激を15秒間行なった。舌顎反射 (開口反射) を誘発させるためには直径 50 μ の同心針電極を用い、頻度約 1.5 c/sec、持続時間 0.5 msec、強度 1-5 V の電気刺激を舌尖部に与えた。また下顎張反射 (閉口反射) は下顎に 20 g の荷重を負荷し、下顎挙上筋を軽度伸張させた状態で、下顎をマグネチック・リレーにより下方へ叩打し誘発させた。この荷重による下顎挙上筋の軽度伸張状態下では負荷を加えない場合よりも容易に下顎張反射を誘発することが出来た。

皮質性顎運動、舌顎反射及び下顎張反射は、下顎中切歯に結んだ絹糸によりレバーを介しキモグラフィオン上に、またはトランスジューサーを介し電氣的にインク書きオシログラフによってその垂直方向の顎の動きを記録した。

尖端のみ露出し他は絶縁した直径 100 μ の双極ステンレス・スチール電極を stereotaxic に尾状核部に挿入固定し尾状核刺激を行った。刺激には頻度 10-100 c/sec、持続 1.0 msec、2-20 V の矩形波刺激を用い 5 秒間刺激を行った。

更に、皮質顎運動領 (anterior sylvian gyrus) および皮質四肢運動領 (anterior sigmoid gyrus) の脳波を同時記録した。脳波記録には、皮質顎運動領の刺激に用いた刺激電極を使用した。皮質脳波記録実験に当っては、実験の都合上紡錘波を誘発せしめる為のネプタール (5 mg/全体重) をオーロパン麻酔の動物に追加した。

三叉神経運動核の反応は小脳を除去した猫を用い、尖端約 20 μ のガラス管封入銀線電極により、5 段階増巾 C-R 結合型増巾器を介し、ブラウン管オシロスコープにより記録撮影した。

実験終了後、頸動脈より 10% ホルマリン注入により脳を固定し、電極尖端の位置を組織的に

確認した。

Ⅲ. 実験成績

A. 皮質性顎運動、舌顎反射および下顎張反射に対する尾状核刺激の影響

尾状核のみを刺激しても顎運動は誘発されなかった。しかし Jasper の脳地図¹⁷⁾による frontal 14.5 より 16.0 にわたる尾状核の腹内側部を刺激した場合、皮質性顎運動、舌顎反射および下顎張反射は著明に影響を受けた。即ちその腹側部 (図 1 丸印) の刺激により皮質性顎運動のうち咀嚼様運動は抑制され顎の対準運動は促進されたが、舌顎反射および下顎張反射は何ら影響を受けなかった。またその背側部 (図 1 三角印) の刺激により舌顎反射は抑制、下顎張反射は促進されたが、皮質性顎運動は影響されなかった (以下尾状核の腹側部および背側部とはすべて尾状核腹内側部の腹側部及び背側部の意味である)。

1. 尾状核腹側部刺激の影響

図 2 に示した如く、30 c/sec の刺激により誘発させた約 1.0 c/sec の皮質性顎運動は尾状核

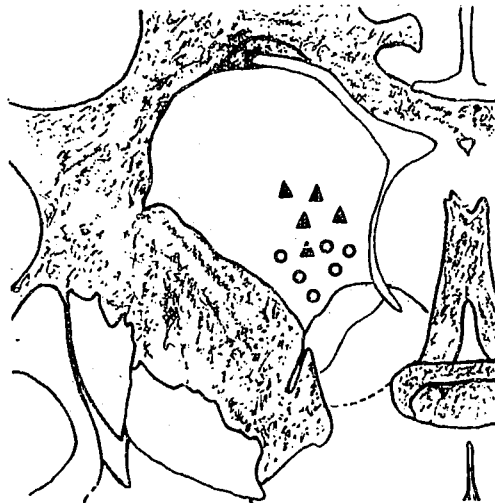


Fig. 1.

Schematic representation of points in caudate nucleus which facilitate or inhibit jaw movements.
○: spot showing effects on cortically induced jaw movements.

▲: spot showing effects on peripherally induced jaw reflex movements.

腹側部 (図1丸印) の刺激 (100 c/sec, 10-14 V) により運動リズムが急激に減少し, 15 Vの刺激で顎運動は完全に抑制され停止した. 刺激中止後顎運動振幅は一過性に増大した. 刺激強度を 15 V に固定し刺激頻度を 10 c/sec より 50 c/sec まで変化させた場合, 図2下段に示した如

く, 刺激頻度 10 c/sec より 30 c/sec までは顎運動リズムが漸次減少し, 30 c/sec より 40 c/sec の刺激頻度で急激な顎運動リズムの抑制が認められた.

皮質顎運動領を約 1 c/sec で刺激し誘発した顎の対単運動に対しては尾状核刺激 (100 c/sec,

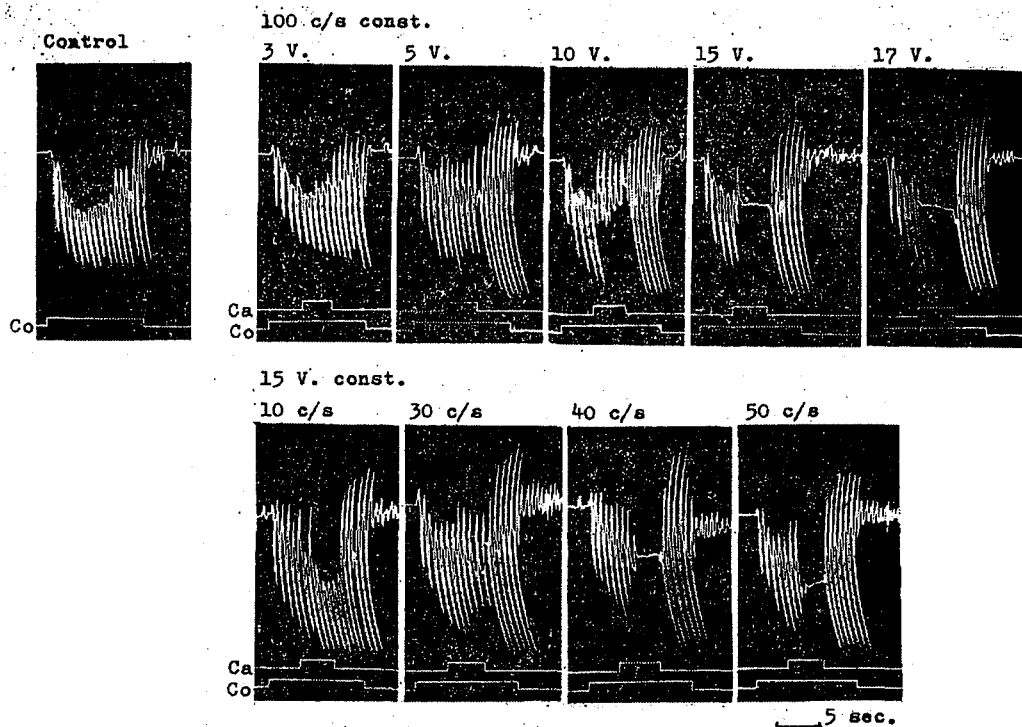


Fig. 2.

Effects of stimulation of ventral part of caudate nucleus to cortically induced jaw movements. Ca: stimulation of caudate nucleus. Co: stimulation of cortical jaw motor area.

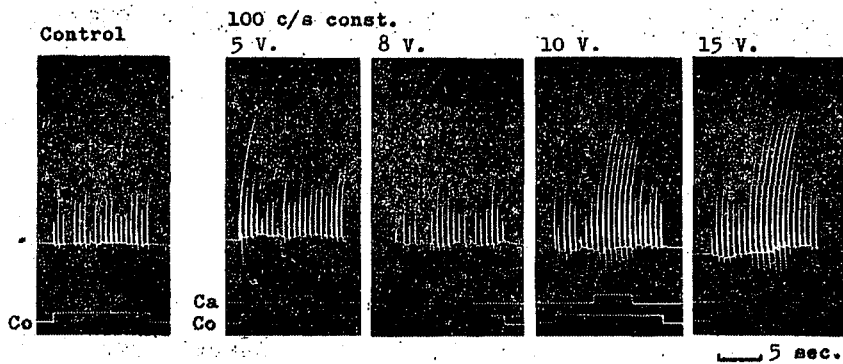


Fig. 3.

Effects of stimulation of ventral part of caudate nucleus to cortically induced jaw movements. Ca: stimulation of caudate nucleus. Co: stimulation of cortical jaw motor area.

10-15 V) はその運動振巾を著明に増大させた (図 3).

舌尖刺激により誘発した舌顎反射に対しては尾状核刺激は刺激頻度を 100 c/sec に固定し 10 V より 20 V に刺激強度を増大した場合も反射の振巾にほとんど変化を生じさせなかった (図 4 上段). また刺激強度を 20 V に固定し, 刺激頻度を 50 c/sec より 1000 c/sec まで変化させた場合も共に影響を認めなかった (図 4 下段).

下顎切歯部の叩打により誘発した下顎張反射に対しても尾状核刺激 (100 c/sec, 7-15 V) は何ら影響を現わさなかった (図 5).

2. 尾状核背側部刺激の影響

皮質顎運動領刺激により誘発した咀嚼様顎運動は尾状核背側部 (図 1 三角印) を 100 c/sec で刺激した場合, 強度 15 V まで変化なく, 20 V に刺激を増強しても顎運動リズムがわづかにゆるくなるにすぎなかった (図 6 上段). また図 6

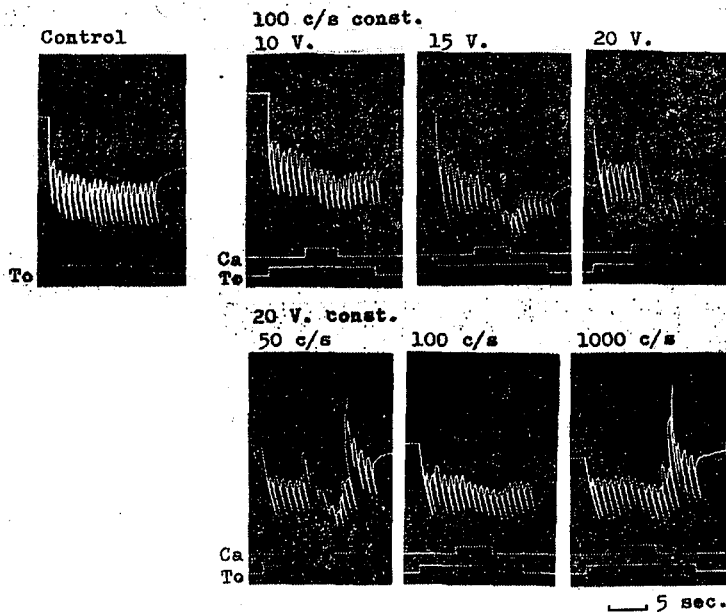


Fig. 4.

Effects of stimulation of ventral part of caudate nucleus to linguomandibular reflex.
Ca: stimulation of caudate nucleus. To: stimulation of tongue.

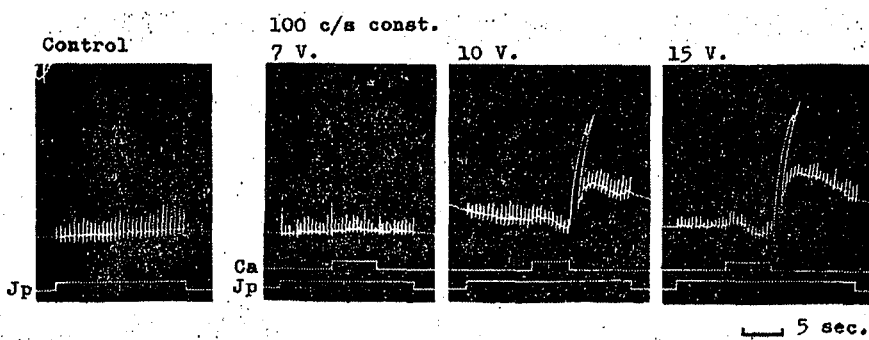


Fig. 5.

Effects of stimulation of ventral part of caudate nucleus to jaw jerk reflex.
Ca: stimulation of caudate nucleus. Jp: jaw percussion.

下段に示したごとく、尾状核背側部刺激(100 c/sec, 5-20 V) は皮質刺激による顎の対単運動に対して何等効果を示さなかった。

尾状核背側部刺激(100 c/sec, 10 V) により、舌顎反射の振巾は著明に減少した(図7上段)。

次に下顎叩打により誘発した下顎張反射の振

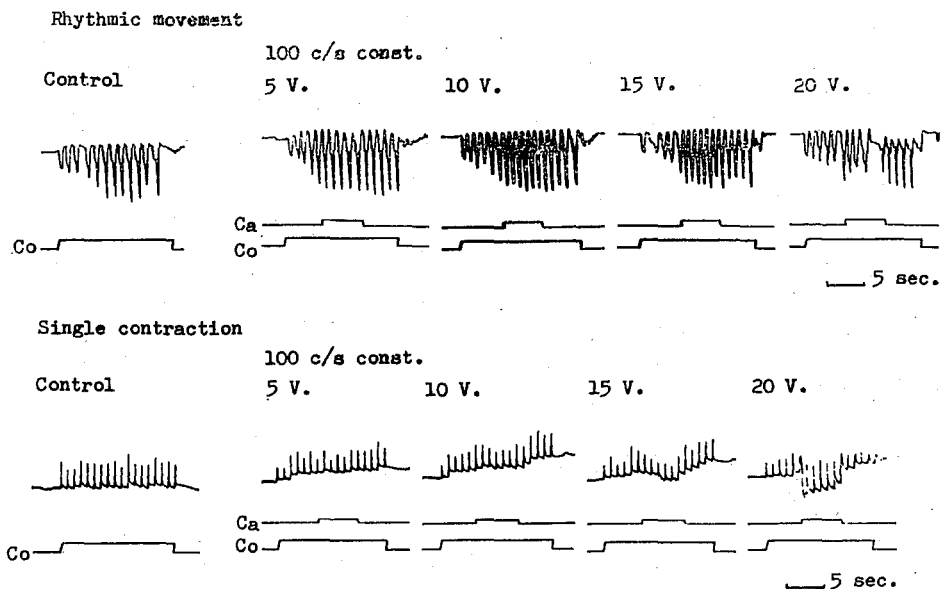


Fig. 6.

Effects of stimulation of dorsal part of caudate nucleus to cortically induced jaw movements. Ca: stimulation of caudate nucleus. Co: stimulation of cortical jaw motor area.

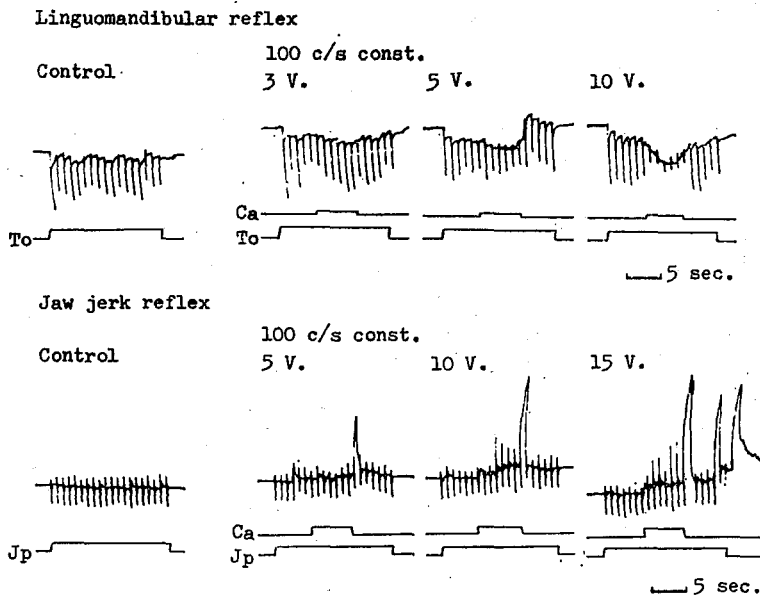


Fig. 7.

Effects of stimulation of dorsal part of caudate nucleus to linguomandibular and jaw jerk reflex. Ca: stimulation of caudate nucleus. To: stimulation of tongue. Jp: jaw percussion.

中は尾状核背側部刺激 (100 c/sec, 10-15 V) により図7下段に示した如く, 3-4 倍増大した.

B. 皮質顎運動領の脳波活動に対する尾状核刺激の影響

1. 尾状核刺激部位と効果

前記尾状核刺激が皮質性顎運動に対し示した効果が尾状核刺激によって皮質顎運動領活動に

変化が起ったために生じたものか, あるいは尾状核刺激により直接延髄三叉神経運動核活動が影響を受けるのかを検索するため, 尾状核刺激の際の皮質顎運動領 (anterior sylvian gyrus) と四肢運動領 (anterior sigmoid gyrus) の脳波を同時記録した. ここに anterior sigmoid gyrus を対照としてとりあげた理由は, 一般に同領野が

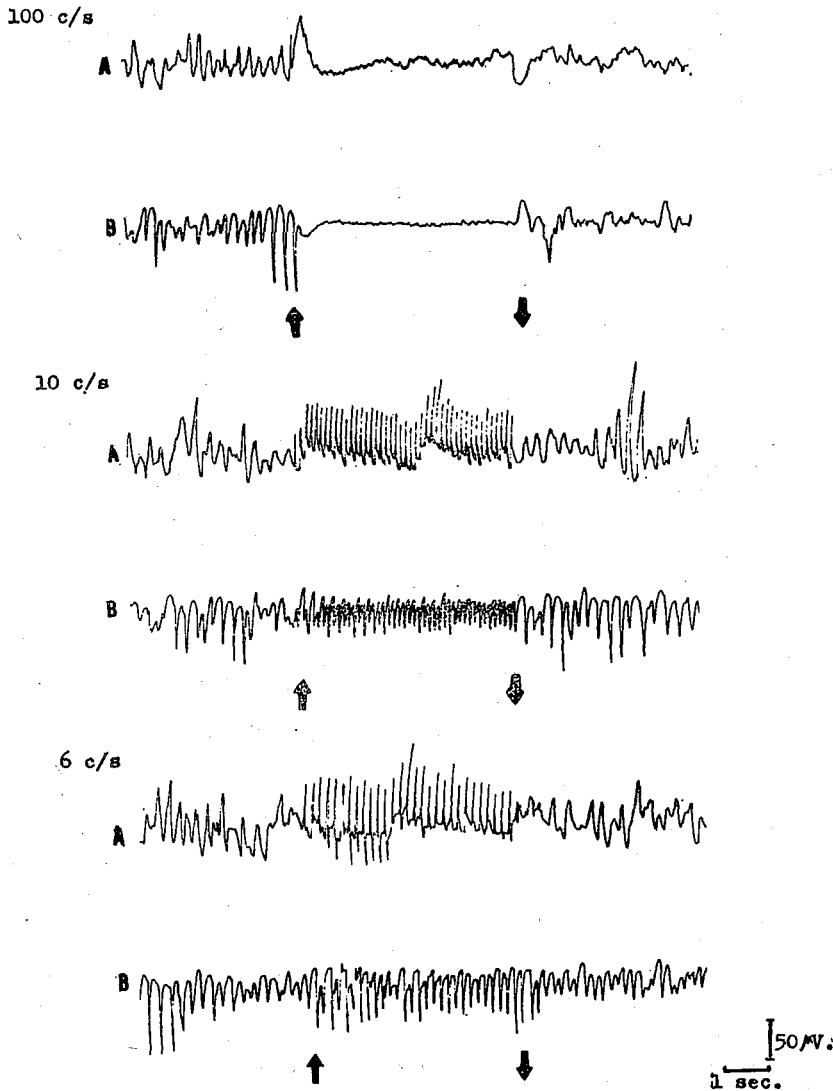


Fig. 8.

Electrical activities from anterior sylvian gyrus and anterior sigmoid gyrus driven by 100 c/s, 10 c/s and 6 c/s stimulation of ventral part of caudate nucleus.

A: electrical activity of anterior sylvian gyrus.

B: electrical activity of anterior sigmoid gyrus.

尾状核と密接な関連を有するためである。

ネンブタール 5 mg を前腕橈側皮静脈に注射し脳波に紡錘波が出現する麻酔状態で、尾状核腹側部もしくは背側部を刺激した。図 8 に示した如く、腹側部刺激 (100 c/sec, 1.0 msec, 3 V, 5 秒間) により anterior sylvian gyrus および anterior sigmoid gyrus に共に自発性脳波の

desynchronization が出現した。また 10 c/sec および 6 c/sec 刺激では共に脳波に driving が誘発された。他方背側部刺激 (100 c/sec) では anterior sigmoid gyrus のみ脳波に desynchronization が、また 10 c/sec および 6 c/sec 刺激では driving が生じ、anterior sylvian gyrus には何等脳波活動には変化が生じなかった (図 9)。

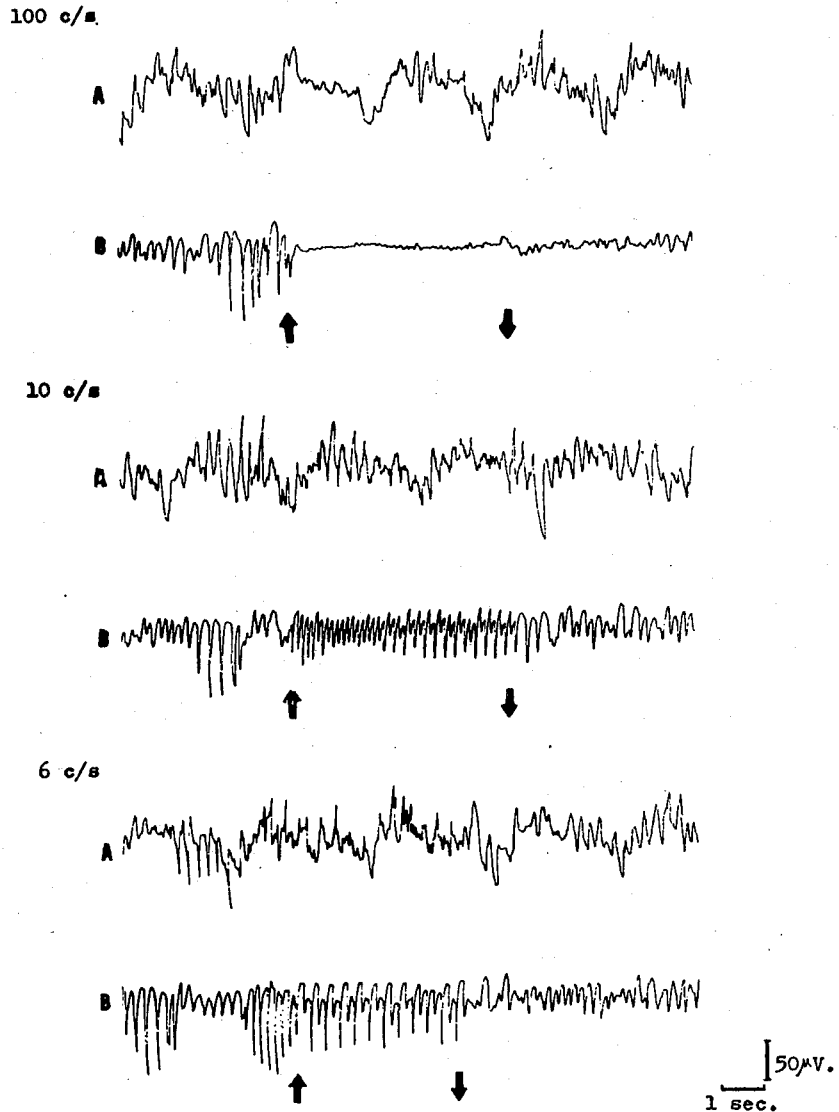


Fig. 9.

Electrical activities from anterior sylvian gyrus and anterior sigmoid gyrus driven by 100 c/s, 10 c/s and 6 c/s stimulation of dorsal part of caudate nucleus.

A: electrical activity of anterior sylvian gyrus.

B: electrical activity of anterior sigmoid gyrus.

2. 麻酔深度と尾状核刺激効果

一般に上位中枢機能は実験動物の麻酔状態によってかなり相違する。ほとんど覚醒に近い状態とネンブタール静脈注射により脳波に紡錘波の著明に出現している麻酔状態について尾状核腹側部を刺激し、皮質性顎運動（対単運動）に対する影響および anterior sylvian gyrus, anterior sigmoid gyrus の脳波に対する影響とを観察し

た。

図10に示した如く、覚醒に近い状態では、尾状核腹側部刺激（100 c/sec, 1.0 msec, 10 V）は皮質性対単運動の振巾に何等変化を生じさせなかった。また尾状核腹側部の単発刺激（1.0 msec, 3 V）によっては anterior sigmoid gyrus の脳波のみに tripping が観察され、anterior sylvian gyrus の脳波には特記すべき反応は現れなかつ

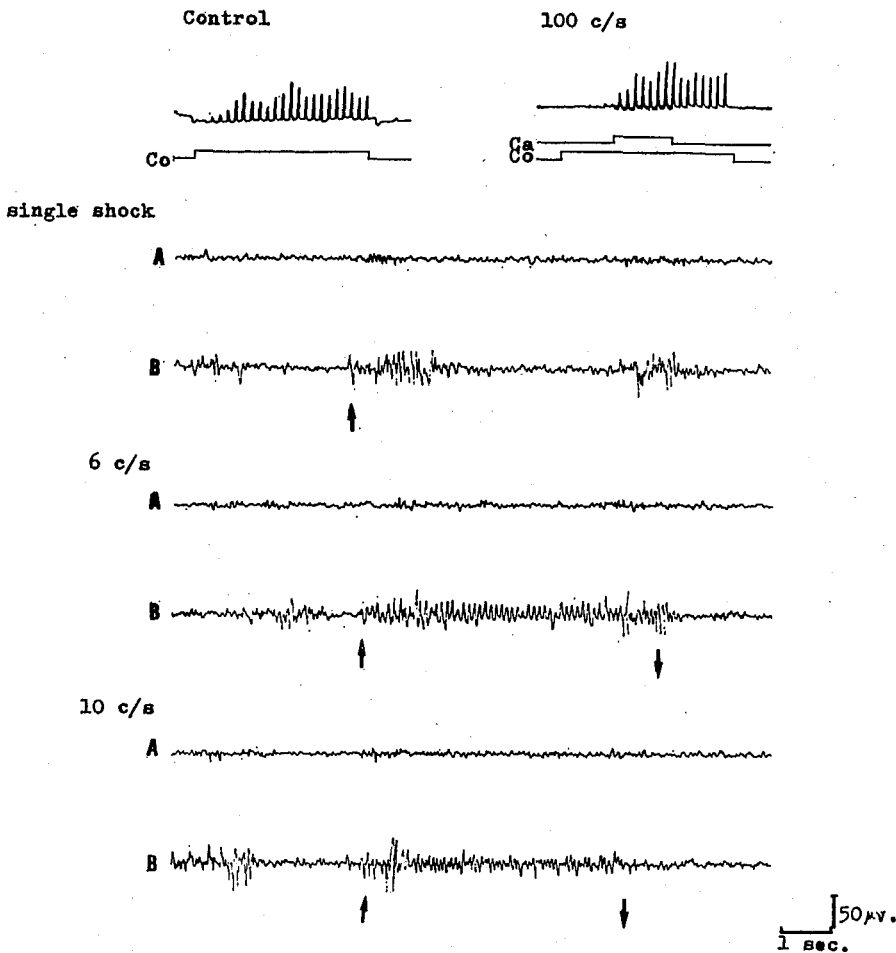


Fig. 10.

Effects of stimulation of ventral part of caudate nucleus to cortically induced jaw movement and to electrical activities of anterior sylvian gyrus and anterior sigmoid gyrus under light anesthesia.

Co: stimulation of cortical jaw motor area.

Ca: stimulation of caudate nucleus.

A: electrical activity of anterior sylvian gyrus.

B: electrical activity of anterior sigmoid gyrus.

た. 6 c/sec および 10 c/sec の低頻度刺激を与えた場合も同様に anterior sigmoid gyrus から driving が誘発されたが, anterior sylvian gyrus には何の影響も脳波に認めなかった.

次に紡錘波の出現している深麻酔状態に於ては, 図11に示した如く, 尾状核腹側部刺激(100

c/sec, 1.0 msec, 10 V) で皮質性顎対単運動の振巾は著明に増大した. この部を単発刺激(1.0 msec, 3 V) した場合 anterior sylvian gyrus と anterior sigmoid gyrus に共に tripping が出現し, 6 c/sec および 10 c/sec 刺激により両運動領野共に driving が出現した.

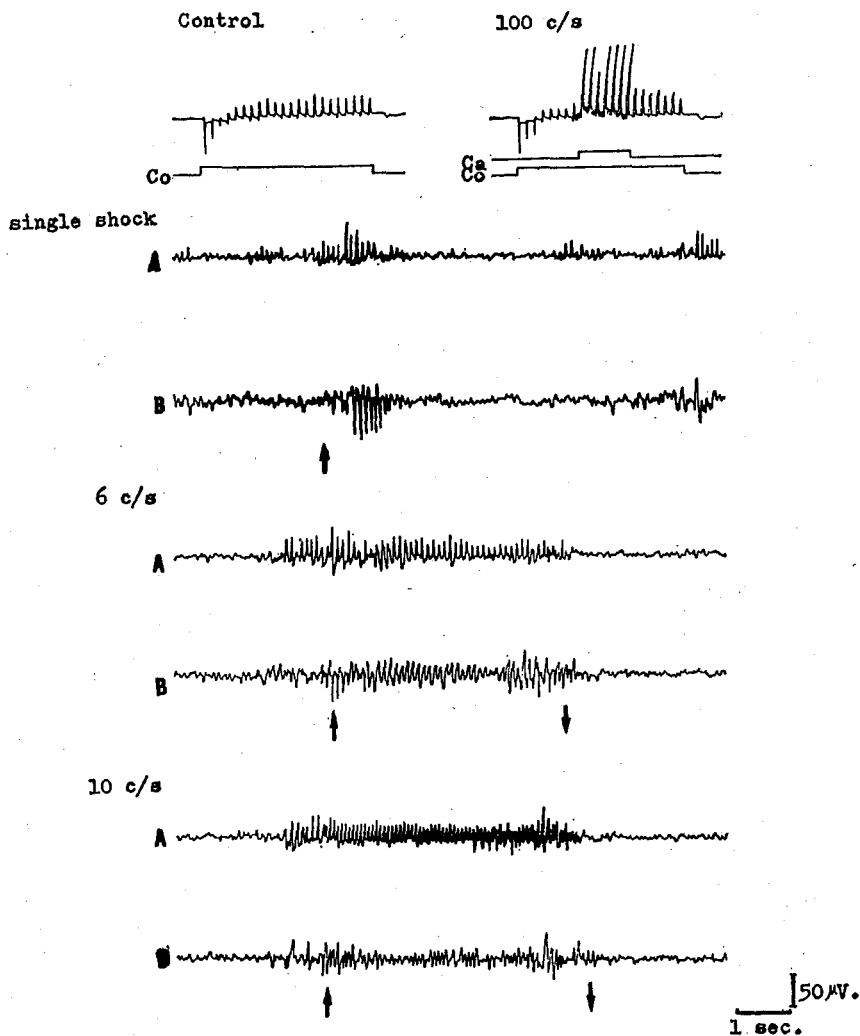


Fig. 11.

Effects of stimulation of ventral part of caudate nucleus to cortically induced jaw movement and to electrical activities of anterior sylvian gyrus and anterior sigmoid gyrus under deep anesthesia.

Co: stimulation of cortical jaw motor area.

Ca: stimulation of caudate nucleus.

A: electrical activity of anterior sylvian gyrus.

B: electrical activity of anterior sigmoid gyrus.

C. 三叉神経運動核に対する尾状核刺激の影響

舌顎反射および下顎張反射に対して影響を示した尾状核背側部を刺激 (100 c/sec, 1.0 msec, 6 V, 7 秒間) し三叉神経運動核部の反応を観察した。咬筋 (閉口筋) 伸展に应答して活動促進を示す三叉神経運動核部の放電は尾状核刺激直後約 6c/sec から約 16c/sec にまで増大し、しかも刺激中はこの頻度を持続した (図 12)。

他方、図 13 に示した如く、occipito-mandibular muscle (開口筋) の伸展に应答し放電頻度を増大した三叉神経運動核部の活動は尾状核背側部刺激により、刺激中放電頻度がやや減少し、しかも不規則となった。従って尾状核背側部の同一点が咬筋支配の三叉神経運動核部に対しては促進的に、occipito-mandibular muscle の

それに対しては抑制的に働くことが明らかになった。

Ⅳ. 考 察

皮質刺激により誘発した四肢運動が尾状核刺激により抑制されることは Mettler ら¹⁾, Mettler

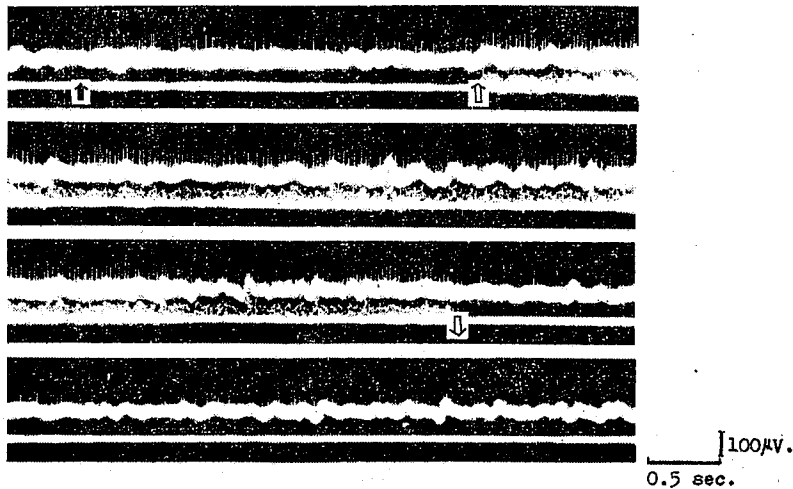


Fig. 12.

Effects of stimulation of dorsal part of caudate nucleus to activities of trigeminal motor nucleus which respond to jaw closing muscle.

↑ : stretch of masseter muscle.

⌞ : stimulation of caudate nucleus.

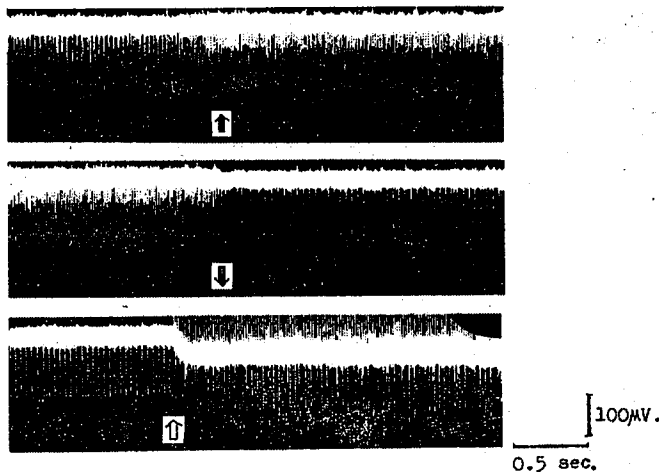


Fig. 13.

Effects of stimulation of dorsal part of caudate nucleus to activities of trigeminal motor nucleus which respond to jaw opening muscle.

↑ : stretch of occipito-mandibular muscle.

⌞ : stimulation of caudate nucleus.

and Mettler²⁾, Austin and Jasper³⁾, Hodes ら ('51)⁴⁾ および Hodes ら ('52)⁵⁾ により報告され、また一方 Peacock and Hodes⁶⁾ は皮質性誘発運動は尾状核刺激により促進作用を受けることを報告している。この様に同じ尾状核刺激によって異った作用が報告されているのは、尾状核外

側半が抑制的効果を有し⁴⁾、尾状核内側半が四肢運動に促進的機能をもつ⁶⁾ためと考えられ、この様に尾状核でも部位で機能が著明に異なることが知られている。本実験から、尾状核腹側部のみが皮質顎運動領刺激により誘発された咀嚼様顎運動に対し抑制的に、対単運動に対し促進的に働くことが明らかになった。従って皮質性顎運動の調整に関しては四肢運動とは異って、尾状核中その腹側部に咀嚼様顎運動を抑制する機能の局在がある。特に脳波に現れた反応から、尾状核腹側部は anterior sylvian gyrus と密なる関連を有するも、背側部は密接な関係がないと云える。

反射に対する尾状核の調整作用に関しては、Austin and Jasper³⁾は脊髓反射に対する尾状核の抑制作用を観察した。また膝蓋腱反射に対し尾状核外側半が抑制的⁴⁾に内側半が促進的に⁶⁾に作用することが報告されている。さらにKing⁷⁾は尾状核は舌顎反射(多シナプス反射)には促進的に、膝蓋腱反射(単シナプス反射)には抑制的に作用する事を示し、両反射に対する尾状核の相反作用を示唆した。しかしKoizumi¹⁸⁾は尾状核は単シナプス反射に対しては何等著明な影響を及ぼさないと述べている。

誘発運動に対する中枢の調整機構に関しては、一般に2つの相対立する説があり、その1つはMagoun¹¹⁾¹⁹⁾一派によって提唱されている広汎性神経支配の概念であり、他の1つはSprague and Chamber²⁰⁾による相反性神経支配の概念である。相反性神経支配の概念はKleyntijens²¹⁾によっても支持され単シナプス反射を促進する点は多シナプス反射を抑制すると述べている。

この様に各研究者間で尾状核刺激の際の反射に対する促進、抑制の效果に相違が存在することに関して、Eldred and Fujimori²²⁾は動物の麻酔の方法や深度、また α route もしくは r route²³⁾のいずれかが刺激されたかによって生じたものであらうと推察している。

本実験の結果は尾状核背側部は舌顎反射(多シナプス反射)には抑制的、下顎張反射(単

シナプス反射)に対しては促進的効果を示した。故に尾状核背側部は舌顎反射と下顎張反射に対し相反性神経支配を有するものであると推察される。

尾状核より新皮質への投射に関してはHarman²⁴⁾は解剖学的研究から、新皮質の腹側より背側は尾状核の吻側より尾側へ投射すると述べている。Mettler²⁵⁾は尾状核刺激により皮質の sigmoid gyros と frontal gyrus に電気活動の変化を認めた。さらにShimamoto and Verzeano²⁶⁾は尾状核より視床汎性投射核に至り、これより新皮質に投射するものと、尾状核より下行性錐体外路の中継所に投射するものの2つの伝導路を示している。またPurpura²⁷⁾は視床を経由せず尾状核より直接 anterior sigmoid gyrus へ投射する経路のあることを示唆している。この様に尾状核より大脳皮質への投射に関しては種々研究がなされている。さらにAustin and Jasper³⁾は尾状核を含めた間脳刺激では大脳皮質の電気活動と皮質刺激により誘発した運動に対する効果との間に相関が存在しなかったことを報告し、従って運動に対する尾状核刺激の効果は大脳皮質を介することなく下行性に作用を及ぼしたものであると述べている。しかし本実験では、皮質性顎運動に対して調整作用を示した尾状核腹側部を刺激した際、大脳皮質の四肢および顎の両運動領野に desynchronization と driving が出現したが、末梢性誘発顎反射に促進および抑制を示した尾状核背側部刺激では顎運動領の脳波に変化が出現せず、四肢運動領のみに desynchronization と driving が観察された。この事実は尾状核腹側部が皮質性顎運動を調整する機構は、皮質顎運動領を介して誘発されるものであり、尾状核が直接三叉神経運動核に作用するものではなく、また皮質顎運動領に投射する尾状核領野はその腹側部に限局していることを物語っている。一方尾状核背側部が顎反射を調整する機構は、皮質顎運動領を介することなく、下行性に作用を及ぼすものである。従って皮質刺激により誘発された運動の尾状核調整作用に関しては、Austin and Jasper³⁾の結

果と本実験の結果と相反するが、その原因は彼等が四肢運動を対照とし、本実験では顎運動を対照とした相違によるものと考えられる。

尾状核を刺激し脊髄後根の発火に対する影響を観察した Granit and Kaada²⁸⁾の報告によれば尾状核頭部の吻-内側部の刺激により腓腹筋の紡錘発射が増大すると述べている。しかし前根に対する効果については実験を行っていない。本実験では尾状核背側部を刺激した際、咬筋伸展に應ずる三叉神経運動核の単一放電の頻度が増大し、occipito-mandibular muscle の伸展に應ずるそれは抑制された。この事実は尾状核背側部が閉口筋に対しては促進的に、開口筋に対しては抑制的に働くことを示唆するものである。以上の如く尾状核は顎運動を調整する機能を有するものであると云える。

Forman and Ward²⁹⁾は無麻酔猫の尾状核刺激により頭部の回転や、四肢の運動が出現したが、誘発運動の促進や抑制は観察されなかったと述べ、尾状核は直接運動を調整する機能はなく、体性運動機能のみ有するとの概念を発表した。これは無麻酔の状態で行ったためと考えられる。実験動物の麻酔度の差によって中枢刺激効果が相違することは本実験で尾状核刺激の顎運動に対する効果と、皮質顎運動領に対する影響が覚醒に近い状態と麻酔時とで明らかに相違したことからも理解される。即ち覚醒状態よりもむしろ麻酔状態の方が尾状核と皮質顎運動領との間に機能的関連が密なことが分った。Forman and Ward²⁹⁾の実験に於て、尾状核より頭部回転や四肢運動は誘発されたが、尾状核の如何なる部位からも咀嚼運動は誘発しておらず、本実験に於ても尾状核からは顎運動は何ら誘発されなかった。従って顎運動に関しては、尾状核は顎運動を誘発する体性運動機能はなく、誘発顎運動の調整機能を有するものであると云い得る。

V. 総括

麻酔猫を用い、皮質性顎運動、舌顎反射および下顎張反射にたいする尾状核刺激効果を分析

し、顎運動に対する尾状核の役割を検討した。

1. 尾状核腹側部は皮質顎運動領の高頻度刺激により生ずる律動的顎運動を抑制し、低頻度刺激により誘発される顎の対単運動に対しては促進的に作用した。また尾状核背側部の刺激は舌顎反射に対しては抑制的に、下顎張反射に対しては促進的に作用した。

2. 咬筋（閉口筋）伸展に應ずる三叉神経運動核の単一放電は尾状核背側部刺激により促進され、occipito-mandibular muscle（開口筋）のそれは抑制された。この結果は尾状核背側部が閉口筋に対し促進的に、開口筋に対し抑制的に作用することを示す。

3. 尾状核腹側部の刺激により皮質顎運動領である anterior sylvian gyrus から desynchronization および driving が記録された。この事実は尾状核の皮質性顎運動の調整は皮質顎運動領を介して行われることを示す。

4. 覚醒に近い状態よりも深麻酔状態のもとで皮質性顎運動に対する尾状核腹側部刺激効果はより著明に出現した。

稿を終るに当たり、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った河村洋二郎教授に対し、衷心より感謝の意を表し、またこの研究に対し種々御協力をいただいた教室員各位に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) Mettler, F. A., H. W. Hodes, E. Lipman, & E. A. Culler (1939) The extrapyramidal system. : An experimental demonstration of function. Arch. Neurol. Psychiat., Chicago **41**, 984-955
- 2) Mettler, F. A. & C. C. Mettler (1941) Role of the neostriatum. Am. J. Physiol. **133**, 594-601
- 3) Austin, G. & H. Jasper (1950) Diencephalic mechanisms for facilitation and inhibition. Fed. Proc. **9**, 6
- 4) Hodes, R., S. M. Jr. Peacock & R. G. Heath (1951) Influence of the forebrain on somatomotor activity. I. Inhibition. J. Comp. Neurol. **94**, 381-408
- 5) Hodes, R., R. G. Heath, & C. D. Hendley (1952) Tr. Am. Neurol. A. **77**, 201 (Handbook) of Physiology Section 1, vol. **1**. p. 873 American Physiological Society, Washington, D. C., 1960 より)
- 6) Peacock, S. M. Jr. & R. Hodes (1951) Influence

- of the forebrain on somatomotor activity. II. Facilitation. *J. Comp. Neurol.* **94**, 409-426
- 7) King, E. E., B. Minz, & K. R. Unna (1955) The effect of the brain stem reticular formation on the linguomandibular reflex. *J. Comp. Neurol.* **102**, 565-596
 - 8) Rhines, R. & H. W. Magoun (1946) Brain stem facilitation of cortical motor response. *J. Neurophysiol.* **9**, 219-229
 - 9) Murphy, J. P. & E. Gellhorn (1945) The influence of hypothalamic stimulation on cortically induced movements and on action potentials of the cortex. *J. Neurophysiol.* **8**, 341-364
 - 10) Sloan, N. & B. R. Kaada (1953) Effects of anterior limbic stimulation on somato-motor and electrocortical activity. *J. Neurophysiol.* **16**, 203-220
 - 11) Magoun, H. W. & R. Rhines (1946) An inhibitory mechanism in the bulbar reticular formation. *J. Neurophysiol.* **9**, 165-172
 - 12) Snider, R. S., W. S. McCulloch & H. W. Magoun (1949) A cerebellobulbo-reticular pathway for suppression. *J. Neurophysiol.* **12**, 323-324
 - 13) Grossman, R. G. (1958) Effects of stimulation of non-specific thalamic system on locomotor movements in cat. *J. Neurophysiol.* **21**, 85-93
 - 14) Austin, G. & H. Jasper (1950) Diencephalic and striatal mechanisms of facilitation and inhibition. XVIII int. physiol. Congr., Copenhagen p. 81-83
 - 15) Kaada, B. R. (1951) Somatomotor autonomic and electrocorticographic responses to electrical stimulation of rhinencephalic and other structures in primates, cat and dog. *Acta Physiol. Scand.* **24**, (suppl. 83)
 - 16) Tower, S. S. (1936) Extrapyramidal action from the cat's cerebral cortex: motor and inhibitory. *Brain* **59**, 408-444
 - 17) Jasper, H. H. & C. Ajmone-Marsan; A stereotaxic atlas of the diencephalon of the cat. The National Research Council of Canada Ottawa 2, Canada
 - 18) Koizumi, K., J. Ushiyama, & C. McC. Brooks (1958) Reticular formation interactions. *Am. J. Physiol.* **195**, 1-6
 - 19) Magoun, H. W. & R. Rhines (1947) Spasticity: the stretch reflex and extrapyramidal systems. Springfield, Ill., Charles C. Thomas
 - 20) Sprague, J. M. & W. W. Chambers (1954) Control of posture by reticular formation and cerebellum in the intact, anesthetized and unanesthetized and in the decerebrated cat. *Am. J. Physiol.* **176**, 52-64
 - 21) Kleyntjens, F., K. Koizumi, & C. McC. Brooks (1955) Stimulation of suprabulbar reticular formation. Effect on elements of spinal reflex pathways. *Arch. Neurol. Psychiat.* **73**, 425-438
 - 22) Eldred, E. & B. Fujimori (1958) Relations of the reticular formation to muscle spindle activation. *Reticular formation of the Brain*. Little Brown Co. 275-283
 - 23) Granit, R., B. Holmgren, & P. A. Merton (1955) The two routes for excitation of muscle and their subservience to the cerebellum. *J. Physiol.* **130**, 213-224
 - 24) Harman, P. J., M., Tankard, C. Hovde, & F. Mettler (1954) An experimental anatomical analysis of the topography and polarity of the caudate-neocortex interrelationship in the primate. *Anat. Rec.* **118**, 307
 - 25) Mettler, F. A., H. Grundfest & C. A. Hovde (1952) Distant electrical potentials evoked by stimulation of the caudate nucleus. *Anat. Rec.* **112**, 57
 - 26) Shimamoto, T. & M. Verzeano (1954) Relations between caudate and diffusely projecting thalamic nuclei. *J. Neurophysiol.* **17**, 278-288
 - 27) Purpura, D. P. (1958) Organization of excitatory and inhibitory synaptic electrogenesis in the cerebral cortex. *Reticular formation of the Brain*. Little Brown Co. 451-452
 - 28) Granit, R. & B. R. Kaada (1952) Influence of stimulation of central nervous structures on muscle spindles in cat. *Acta Physiol. Scand.* **27**, 130-160
 - 29) Forman, D. & W. Ward (1957) Responses to electrical stimulation of the caudate nucleus in the cats in chronic experiments. *J. Neurophysiol.* **20**, 230-244