顔面表情筋の神経支配に関する
誘発筋電図学的研究(前編)

にしむらひろこ
西村宏子

研 究 目 次

(前編)	(後編)
はじめに	はじめに
第一節 実験装置と実験方法	第一節 顔面正中部誘発筋電図の意義—正常人の検討
第二節 臨床例における顔面神経交叉支配の検討	第二節 顔面正中部誘発筋電図の意義—顔面神経麻痺 例の検討
第三節 正常人における顔面神経交叉支配の検討	全編の考按
第四節 動物における顔面神経交叉支配の検討	全編の結語

は じ め に

顔面表情筋における神経支配については、前頭部筋群は両側大脳皮質運動領の支配をうけ、その他の筋は反対側皮質運動領の支配を受けているとするのが神経学の常識である。顔面神経の末梢における分枝が、極めて複雑である事は、1934年の藤田¹⁾の、人間の顔面神経の詳細な解剖学的研究によって示されているが、顔面の正中部近傍での顔面神経の支配については、例えば、交叉性支配があるのか、それとも、厳密に偏側性支配であるのかに関しては、未だ充分な説明がなされていない。一方臨床的には、末梢における顔面神経の完全な切断後におこる表情機能の自然的回復は、三叉神経と顔面神経の間の交通枝に由来する三叉神経運動枝の再生によるとするもの、反対側の顔面神経よりの再生によるとする考えなどがあり、統一の見解に至っていない。著者も、顔面神経麻痺患者の経過を観察していると、表情筋の神経支配に関する教科書的知識では到底説明不可能な現象を屢々経験して来た。

以上の理由から、本編においては、臨症例、正常人、動物（猫及び家兎）について、主として誘発筋電図法を用いて、表情筋の顔面神経支配について系統的研究を行ったので報告した。

第一節 実験装置及び実験方法

人間及び動物に一貫して使用した実験装置の ダイヤグラムを図1に示した。	幅器に導かれ、この増幅器の出力は、一方では Hewlett Packard 1207A 可変蓄積型オシロス コープによりモニターされ、他方で、三栄測器製 平均加算ミニコンピューター (Signal Proces-
筋活動電位は針 (1針同心又は2針同心)、 または表面電極により、三栄測器製生体電気増	

Evoked Electromyographic Investigation on Innervation of the Facial Muscles (I).
Hiroko Nishimura.
京都大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：森本正紀教授）（指導：柳原尚明講師）

図1 実験装置と方法

sor 7 S06) に導かれ記憶された。

顔面神経に対する電気刺激は、電子管刺激装置(三栄測器 ES104)により与えられた。矩形波刺激の持続時間は、0.3msec に一定し、

刺激頻度は1秒間に1回とした。電気刺激に4 msec 先だって、電子管刺激装置より Monitor Oscilloscope およびミニコンピュータの外部掃引回路に trigger pulse が与えられた。従って、刺激波は、誘発筋電図上で掃引開始より4 msec 遅れた artifact として記録されるので、神経に与えられた電気刺激と、それによって誘発される筋活動電位の関係が明瞭に観察された。刺激電極を耳垂下部で、茎乳突孔を顔面神経が出る部位で、これをはさむ様に置き、神経を経皮的に電気刺激した。通常人間では20～50回誘発反応を加算し、動物では100回の加算を行い、X-Yレコーダー(ワタナベ WX-413)により描記記録した。

尚、誘発筋電図の記録に際して、室温を25℃に一定する様に注意した。

第二節 臨床例における検討

1972年2月9日、著者等は錐体尖端部に生じた真珠腫による再発性顔面神経麻痺の例に、経乳突、経中頭蓋窩法により顔面神経移植術を行った。術後、たまたま1針同心電極を用いて、患側上口唇部で口輪筋の筋電図記録を試みたところ、患側顔面神経は切断されているにもかかわらず予想外に大きい干渉波が記録された(図2B)。そこで、試みに健側顔面神経を電気刺激し誘発筋電図を観察したところ(図2A)。健側に比べ潜時の長い誘発電位を認め、患側口輪筋が健側の顔面神経の支配を受けている事を知った(図2C)。

その後、類似の症例において、健側よりの神経支配を示唆する現象が口輪筋のみならず、顔面正中近傍の諸筋においても記録された。この様な現象を端的に示す代表数例についての研究結果を以下に示す。

症例1

39才(女)

11才より右慢性中耳炎に罹患、31才の時、右中耳根本手術をうけた。術直後より右顔面神経麻痺をきたしたが放置していた。昭和50年11月

刺入電極の位置

図2 (A)

頭重感、耳漏が増強し、錐体部真珠腫症の診断のもとに、昭和50年12月4日、迷路全剔出、錐体尖開放術により真珠腫を剔出した。この時、膝神経節から垂直部にかけ約3cm顔面神経を切

筋電図

図 2 (B)

誘発筋電図

図 2 (C)

図 3

断した。切断神経の組織診断により、神経は角化変性していた事が判明した。術後も顔面麻痺程度は変わらず、図 3 に示す程度の患側表情筋の収縮能を認めた。術後 1 ヶ月目に筋電図検査を行った。筋電図記録は表面電極によった。前頭筋では、強い随意収縮時に健側では平均 $180\mu\text{V}$ 、患側で平均 $20\mu\text{V}$ の筋電位が記録された。眼輪筋涙嚢部では図 4 に示す如く弱い随意収縮時には健側は平均 $136\mu\text{V}$ 、患側は平均 $30\mu\text{V}$ 、強い随意収縮時には健側で平均 $500\mu\text{V}$ 、患側で平均 $60\mu\text{V}$ の筋放電を記録した。下眼瞼部では、健側では弱い閉眼では平均 $107\mu\text{V}$ 、強い閉眼では平均 $650\mu\text{V}$ 、患側では弱い閉眼ではほとんど筋電位の増強を認めず、強い閉眼では平均 $89\mu\text{V}$ の筋電位を記録した。頬部においては、強い収縮により健側では平均 $50\mu\text{V}$ の筋電位を記録したが、患側においては、強い収縮においても筋電位を記録しえなかった。口輪筋における筋電図を図 5 に示す。最上段に示す如く健側、患側ともごくわずかに resting potential が認められ、軽い口唇のつき出し運動により、中段に示す様に、健側では平均 $467\mu\text{V}$ 、患側

図 4 眼輪筋涙嚢部における筋電図(表面電極による)症例: 39 才(♀)左真珠腫による顔面神経麻痺。左顔面神経切断後 1 ヶ月。

図 5 口輪筋における筋電図(表面電極による)症例: 図 4 と同じ。

では平均 $133\mu\text{V}$ の筋電位を認め、強く口唇をつき出させると、この電位は健側で $708\mu\text{V}$ 、患側では $567\mu\text{V}$ に増強した。すなわち、口輪筋では強い収縮で平均振幅に著明な左右差を認

めなかった。

次に右の顔面神経刺激に対する左右の顔面筋の誘発筋電図について検討した。眼輪筋涙囊部より表面電極にて記録した誘発筋電図を図6に

図6 健側顔面神経刺激による誘発筋電図（表面電極による）症例：図4と同じ。

示した。健側における閾値は37Vであり，supramaximumの刺激閾値は60Vであった。患側においては閾値は24Vでありsupramaximumの刺激閾値は60Vであり，peak to peakの振幅は健側で $1,760\mu V$ 。患側で $173\mu V$ であった。口輪筋においては，健側の閾値は37V，患側では同じく37V，supramaximumの刺激閾値は健側では100V，患側では90Vであり，振幅は健側 $1,493\mu V$ ，患側 $1,067\mu V$ であった。本症例における臨床観察，筋電図と誘発筋電図所見は，顔面神経切断後でも，随意収縮時に筋電位の発射が認められ，この電位は反対側よりの神経支配に由来するものである事を示した。

次に，正中線からどの位離れた所まで反対側よりの神経支配が存在するかという点について検討を行った。健側耳垂下部で茎乳突孔から出る顔面神経幹をはさむ様に刺激電極をおき，まず，1針同心電極を上口唇正中部に刺入，口をつき出させて筋放電の最も強く認められる部位に電極を固定し，誘発筋電図を記録した。次いで同様の手続きを行い，正中より反対側へ0.5cm，1.0cm，1.5cm……と5mm間隔毎に，電極針を刺入し，正中より何cm離れた所まで誘発反応記録が可能かをみた（図7参照）。各点における反応潜時を計測すると，正中で4.6msec，1.0cm反対側で5.2msec，1.5cmで7.2m

図7 記録電極：1針同心電極。

sec，2.0cmで10.2msec，2.5cmでは11.2msec，3.0cmでは13.2msecであり，3.5cmでは刺激をいくら強くしても誘発電位は認められなかった。誘発電位の振幅は正中線を離れるに従って小さくなった。

以上の実験より，上口唇において1針同心電極で認められた筋電位は正中線より3cm離れた所迄存在する事が示された。本例では，神経受傷後8年を経過し，切除した神経の組織には神経線維が認められない事から，上記の反対側よりの支配は，反対側顔面神経の末端からの再生現象とも考えられ，検討の要がある。

症例2

59才（女）

5～6年前より特に誘因なく左顔面半側に痙攣がおこり，その程度は次第に増強し，最近ではほとんど左側の眼をあけている事ができず，口唇，頬部にも痙攣が持続するようになった。昭和50年11月27日。左顔面神経切断術，顔面神経副神経吻合術を施行した。術後の表情筋機能を示す顔写真を図8に示した。

術後40日目に，誘発筋電図検査を行った。図9に示す如く，AからGまでの各部位に左右対称に表面電極を貼り，健側（右）顔面神経を刺激し，これらの各部位からの誘発筋電図を記録した。点Hは咬筋に一致する部位でありコントロールとした。各導出部位で電位を記録する筋

名を図9の下に示した。各部位で記録された誘発筋電図を図10に示し、これらの潜時、振幅及び患側振幅の健側振幅に対する割合(以下振幅%と呼ぶ)を表1に示した。以上の結果は以下の如くまとめる事が出来る。

図 8

(1) 前頭筋(A)以外は、多少の差はあれ神経切断側の筋に誘発電位が認められた。

(2) 左右の潜時を比較すると、D(眼輪)、E(頬部)、F(口輪)、G(下顎)においては、切断側に明らかな延長を認めた。

(3) 振幅を比較すると、A(前頭)は0、D(頬部)は2.7%で、健側に比較してほとんど無視しう程度であるが、F(口輪筋)ではほとんど左右差がなく、B(眉間)、E(頬部)、G(下顎)、C(眼輪筋涙囊部)の順に振幅%は小さくなっている。

次に症例1と同様に1針同心電極を用いて口輪筋において、正中線を越えてどの程度反対側まで顔面神経支配が及んでいるかを検討した。上口唇においては、正中線より1.5cm反対側ま

- A : Frontal
- B : Depressor Glabella
- C : Orbicularis Oculi (Pars lacrimalis)
- D : Orbicularis Oculi (Pars orbitalis)
- E : Zygomaticus Major and Minor
- F : Orbicularis Oris
- G : Orbicularis Oris and Inferior Depressor Labii
- H : Masseter (Control)

図9

で、下口唇においては、2.0cm まで誘発電位が記録された。上口唇の各部位における潜時は、正中線で 4.4 msec, 1.0cm 反対側, 5.8 msec, 1.5cm 反対側, 7.2msec と症例1の場合と同様に正中線を離れるに従って、潜時は延長した。また、振幅も正中線を離れるに従って縮小した。

症例1では顔面神経は8年前、既に損傷をうけており、最近行われた手術時の切断は、誘発筋電図の成績にほとんど影響はないと考えられる。本例では正常に機能していた顔面神経の切断後の成績を示すもので、この成績から、表情筋における反対側よりの神経支配は正常人においても存在し得る事を示唆している。

症例：59才（♀）左顔面神経切断後40日

図10 各部位における誘発筋電図（表面電極による）

症例 3

52才（女）

幼小時より両側慢性中耳炎に罹患．昭和36年9月9日（38才の時）左中耳根本手術をうけ

図11 口輪筋における誘発筋電図（表面電極による）
症例：59才（♀）14年前より左術後性顔面神経麻痺．

た．その直後より左顔面神経全麻痺をきたした．麻痺は発症1年後には不完全治癒のまま固定し，痙直，病的共同運動等の神経再生過誤現象を残した．

本例の口輪筋の誘発筋電図を図11に示し，眼輪筋の誘発筋電図を図12に示した．上段はそれぞれ同側の顔面神経刺激に対する誘発電位であり，下段は反対側の顔面神経刺激に対する誘発電位である．図11に示す口輪筋誘発筋電図では，患側（左）の顔面神経刺激に対しては，患側，健側ともに誘発反応は微弱であり，健側

表 1

	健側	患側	
	潜伏時間 (msec)	振幅 (mV)	振幅 (%)
A	3.8	0.68	0
B	4.0	0.60	86.7
C	3.2	0.62	33.9
D	4.0	1.88	2.7
E	3.2	0.32	50.0
F	4.4	1.04	115.4
G	4.0	0.52	38.5
H	0	0	0

振幅(%)： $\frac{\text{患側の最大振幅}}{\text{健側の最大振幅}} \times 100$

図12 眼輪筋における誘発筋電図(表面電極による) 症例: 図11と同じ。

(右)の顔面神経刺激に対しては、健側においても、患側においても大きな誘発反応が記録されている。健側刺激に対する健側反応の潜時は 3.2 msec 、患側反応の潜時は 4.4 msec であった。次に眼輪筋においては、図12に示す如く、患側眼輪筋は同側顔面神経刺激にかなり良く反応し。健側顔面神経刺激にも同程度の反応を示した。一方、健側においては同側の顔面神経刺激に対する反応に比べて患側の刺激に対する誘発反応は微弱であった。

以上の結果は、患側の口輪筋は主として健側の顔面神経支配を受けており、患側眼輪筋では健側からも患側からも神経支配を受けている事、健側口輪筋、眼輪筋は健側顔面神経のみの

支配を受けている事を示している。

症例 4

61才(男)

生下時、口唇形成術を施行したが不満足であったので、昭和50年12月9日、再び口唇形成術(Millard's Method)を行った。術後1ヵ月目に、上口唇と下口唇について誘発筋電図検査を行った。図13は、表面電極により導出した誘発筋電図である。上口唇では、同側顔面神経刺激に対する誘発電位が記録されたが、瘢痕を境にして反対側からは誘発電位がえられなかった。これに対し、下口唇においては反対側からも同側とほとんど同じような誘発電位がえられた。次に、1針同心電極により誘発筋電図を記録した。図14に示す如く、同側(左)の上口唇においては誘発電位が記録されたが、瘢痕の直上(正中線より 0.5 cm 反対側)、およびさらに 0.5 cm 反対側においては誘発電位は記録されなかった。しかし、下口唇においては、正中を越えて 1.0 cm 反対側においても潜時の延長した誘発電位が記録された。

本症例の結果は、上口唇における口輪筋切断により正中を越えて反対側を支配する顔面神経末梢が切断された事を示している。

図13 左顔面神経刺激による誘発筋電図(表面電極による) 症例: 61才(♂) 口唇形成術1ヵ月後

図14 左顔面神経刺激による誘発筋電図（1針同心電極による）症例：図13と同じ。

〔小括〕

1側顔面神経完全切断例，1側顔面神経の高度損傷後再生を示した症例，1側口輪筋切断例の筋電図，誘発筋電図検査により以下の事が示された。

(1) 顔面表情筋は，正中部近傍では反対側の顔面神経末梢部からも神経支配を受けている。この反対側からの神経支配は，口輪筋において最も顕著であり，眼輪筋涙嚢部，眉間部の筋群等

の顔面正中部近傍の諸筋においても著明である。

(2) 1側顔面神経が強い損傷を受けた場合，反対側よりの神経が顔面の緊張維持，運動に一定の機能を発揮しており，神経切断後に起る顔面表情筋の自然的機能回復には，反対側よりの神経からの再生現象が関与している可能性がある。

第三節 正常人における検討

〔実験方法〕

正常人26名（22～71才，男12名・女14名）について，臨床例において認められた口輪筋，眼輪筋等における反対側顔面神経支配の実態について，顔面神経の伝導速度測定などを行い詳細に検討した。特に口輪筋においては症例1，2に行ったのと同様の方法で1針同心電極を，上口唇と下口唇のそれぞれ正中線上，及び刺激の反対側に向って正中線より0.5cm，1.0cm，1.5cm，2.0cm，2.5cm，3.0cmの部位に刺入し，誘発筋電図を記録解折した。

〔実験結果〕

上口唇における口輪筋の代表的誘発筋電図を

図15に示した。本例では図に示す如く，正中線から2.5cm反対側まで誘発電位がえられた。反応潜時は，正中線で4.4 msec，0.5cm反対側で4.8 msec，1.0cmで5.2 msec，1.5cmで9.2 msec，2.0cmで11.6 msec，2.5cmで13.6 msecと，正中を離れるに従い潜時の延長が認められた。又，振幅も正中を離れるに従って縮小した。下口唇における誘発筋電図の代表例を図16に示した。本例では，正中線から2.0cm反対側まで誘発電位がえられ，上口唇に見られた如く正中を離れるに従い潜時は延長し，振幅は縮小した。

全被検者において，反対側何cmまで誘発筋電

図15 口輪筋(上口唇)における誘発筋電図
(1針同心電極による)

図16 口輪筋(下口唇)における誘発筋電図
(1針同心電極による)

図が記録されたかをまとめると、上口唇においては、図17に示す如く 2.0cmまでが最も多く12名(46.2%)、次いで 2.5cmまで7名(27.0%)、1.5cmまで5名(19.2%)、3.0cmまで2名(7.7%)であった。次に下口唇について検討した13名についてみると、図18に示す如く、反対側 2.0cm まで11名(84.6%)、2.5cmと 3.0cmまでがそれぞれ1名(7.7%)であった。

次に、各被験者における潜時の変化を、縦軸に潜時、横軸に針電極の刺入部位の正中線からの距離をとり グラフにあらわすと、上口唇では、図19に示す如くほぼ直線的に潜時が延長するのがみられた。また、図20に示す如く、下口唇においても 上口唇と ほぼ同じ結果がえられた。

次に刺激電極を耳垂下部とそれから口角に向かって 5 cm離れた所におき、口輪筋を支配する顔面神経線維の興奮伝導速度を測定した。

図17 上口唇において反対側顔面神経刺激に対して反応した被験者数と針電極の位置

伝導速度は

$$CV = \frac{D}{T_1 - T_2} \text{ により算出した。}$$

但し、D: 0.05m, T_1 : 耳垂直下刺激の場合の

図18 下口唇において反対側顔面神経刺激に対して反応した被験者数と針電極の位置

図19 上口唇における誘発筋電図の潜時と記録針電極の位置との関係

潜時, T_2 : 5 cm離れた部位における刺激の場合の潜時,である。

図21は, 上口唇における各部位で計測した興奮伝導速度を示している. これでみる如く, 結果はかなりの個人間変動を示しているが, 個人内及び全体としてみると, 正中線から離れるに従って興奮伝導速度は遅くなる傾向を示した. 平均値でみると, 刺激と同側の口輪筋では51.6

図20 下口唇における誘発筋電図の潜時と記録針電極の位置との関係

図21 口輪筋(上口唇)支配の顔面神経線維の興奮伝導速度

m/sec, 正中線上で 50.3m/sec, 正中線より 1.0 cm 反対側で 44.2m/sec, 1.5cm で 36.6m/sec, 2.0cm で 35.5m/sec, 2.5cm で 24.2m/sec であった. 次に, 下口唇については, 図22に示した如くで, 正中線上では 54.9m/sec 正中線より

図22 口輪誘(下口唇)支配の顔面神経線維の興奮伝導速度

第四節 動物における検討

人間における顔面神経の反対側よりの支配が、動物においても存在するものであるか、また、もしあれば、両側顔面神経を確実に切断してより確実な誘発筋電図及び伝導速度の検討が可能であると考え、以下の動物実験を行った。〔実験方法〕

実験動物として体重約3kgの成熟家兎を4羽、体重2.5～3kgの猫を3匹使用した。家兎に於ては、ウレタン(1.0g/kg)、クロラロース(30mg/kg)麻酔後、気管切開を行い、人工呼吸器につけた。猫の場合、ネンプタール麻酔(30mg/kg)を行い、同様の処置を行った。頭部を東大脳研式万能脳固定装置に固定後、外耳を切断し、中耳を露出した。耳小骨を除去し、バーなどで顔面神経を露出後、脳幹部近くまで神経を引き抜く様にして露出した。顔面神経末梢端を双極銀電極の上にのせ、パラフィンに浸した。顔面部を剃毛後、2針同心電極を各部位

1.0cm反対側で47.5m/sec、2.0cmで42.5m/secであった。下口唇においても上口唇と全く同様の結果が認められた。また、下口唇支配枝の興奮伝導速度の平均値が上口唇のそれより高い値を示したが、両者の間に統計的有意差はなかった。

以上の結果より、正常人の口輪筋では上口唇においても下口唇においても、正中線より2～3cm離れた所迄は両側の顔面神経の支配を受けている事が判明した。又、反対側にのびる神経は、正中線を越えるに従って伝導速度が遅くなる事がわかった。言いかえると、反対側にいく程、神経線維は細く、かつ、筋の緊張維持に関係する神経である事が推論された。

眼輪筋涙嚢部においては、1針同心電極では反対側の顔面神経刺激に対する誘発電位の記録はえられなかったが、表面電極では全例において反対側の誘発電位を認める事が出来た。眉間部においては、正中線より1.0cmまでは針電極による誘発筋電図記録が可能であった。

に刺入し、誘発筋電図記録を行った。誘発筋電図の記録方法は第一節に述べた方法に準じた。

〔実験結果〕

図23は、家兎における口輪筋の誘発筋電図であり、図24は顔面皮下筋の眼下部の誘発筋電図である。

口輪筋では、正中を越えて1.5cm反対側まで明らかに潜時を識別しうる誘発電位が認められた。潜時は同側で2.8msec、正中線で3.2msec、正中線より0.5cm反対側4.4msec、1.0cm5.6msec、1.5cm6.4msecであった。また、振幅は正中を離れるに従い減少した。

顔面皮下筋の眼下部においては図24に示したように、正中線を越えて1.5cmの所まで誘発電位がえられた。潜時は同側で3.2msec、正中線で3.6msec、正中線より0.5cm反対側3.6msec、1.0cm5.6msec、1.5cm7.6msecであった。また、振幅は正中を離れるに従って減少

記録電極の位置

図23 家兎口輪筋誘発筋電図

した。

即ち、家兎では、口輪筋、顔面皮下筋の眼下部においても、正中を越えた両側支配が認められた。

猫について同様の試みを行ったが、猫においては、皮膚が硬くて厚く、顔面筋が極めて菲薄であり、筋の分離が困難であった。また顔面神経刺激の **submaximal range** が極めて狭く、一側顔面神経刺激に対して顔面筋全体が反応す

記録電極の位置

図24家兎顔面皮下筋（眼下部）誘発筋電図

る為、解析に値する誘発電位を与える事は困難であった。

動物における実験結果から、家兎においては顔面神経両側支配は極めて顕著であり、むしろ人間よりも正中部における両側性支配の役割は大きい事が予測される。この点については更に詳細に解剖学的電気生理学的検討がなされなければならないと考えられる。

参 考 文 献

- 1) Fujita, T.: Über die periphere Ausbreitung des N. facialis beim Menschen. Morph. Jb 73

: 578~614, 1934.

原稿到着：昭和51年2月26日

別刷請求先：西村宏子

〒606 京都市左京区聖護院川原町53

京都大学医学部耳鼻咽喉科学教室