鐙骨筋の収縮による伝音能率低下

村田 清高*・斎藤 春雄**

The Role of Stapedius Muscle in Sound Conduction

Kiyotaka Murata, & Haruo Saito.

(Kyoto, Univ.)

Misdirection to the stapedius muscle after facial palsy was studied in an attempt to determine the effect of muscle contraction upon sound transmission. Maximum hearing loss of 40 dB at low frequencies was attained during voluntary contraction concomitant with eye closure and whistling.

The hearing loss resulted from stapedius muscle contraction, as this phenomenon disappeared after surgical amputation of the stapedius tendon.

は じ め に

鐙骨筋の収縮によっておこる聴力低下は、鐙骨筋の音響性反射収縮による内耳の保護作用に関連する重要な問題である。音響性反射収縮は、持続時間が短く、聴力に与える影響をヒトで直接測定することが難しく、これにかわって、これまで、多数の動物実験 (Wever, Békésy 等) によって、鐙骨筋収縮による伝音能率の低下が測定された。それによると、主に低音域で、5~15 dB の聴力低下が報告されている^{1) 3) 4) 6) 8) 9) 10) 11) 12) 14) 15) 21) 23) 25) 28) 29) 30)}。

しかし、ヒトに関する測定は少ない。これまで、ヒトに関する報告をみると、先天的に、耳内筋の随意的収縮が可能な患者について、測定したものが多い (Smith²²⁾, Reger¹⁹⁾, 角²⁴⁾, Pichler¹⁸⁾, 中村¹³⁾)。この場合、鼓膜張筋、鐙骨筋のいずれの収縮によるものであるか定かでない。一般に、鼓膜張筋の作用が、鐙骨筋のそれより強いと考えられ、低音域で、30~40 dB の聴力低下が報告されている。鐙骨筋の収縮による聴力低下は、5~15dB で、鐙骨筋収縮による内耳の保護作用は、ほとんどないというのが、これまでの定説である⁵⁾。

今回、著者らは、ヒトで鐙骨筋の収縮によっておこる聴力低下を測定した貴重な症例を経験した。これは、顔面神経麻痺の回復過程におこる神経の misdirection の現象が、鐙骨筋におこったものを利用したものである。本論文では、顔面神経麻痺後の痙攣症と、それに伴う耳鳴および聴力低下を主訴とする症例で、低音域に、40dB の域値上昇を認めた症例を中心に述べる。この主目的は、鐙骨筋収縮による聴力閾値の上昇の値の意義を検討することである。この値は、これまで動物

*京都大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任: 松学教授)

**滋賀医科大学耳鼻咽喉科学教室 (主任: 北原正章教授)

およびヒトで報告された値より、はるかに大きい。本症例は、鐙骨筋単独収縮によっておこる聴力低下の最大値が、40dB に達しうることを直接測定した初めての貴重な報告である。

症 例

48才，女子，

主訴：右顔面痙攣症，右耳鳴，右聴力低下

家族歴：特記すべきものなし

既往歴：昭和50年12月，虫垂切除術

現症：昭和51年12月29日，右耳介後部疼痛を訴え，翌年1月1日，右顔面神経麻痺に気づいた（図1）。昭和52年1月4日，右耳介に，ヘルペス様湿疹を生じた。（带状疱疹の補体結合抗体価は，1月12日32倍，1月26日16倍であった）。

このとき，右耳鳴なく，眩暈もなかったが，hyperacusis を認めた。NETは，患側の閾値上昇あるも，scale out していない。右顔面神経麻痺の回復はおそく，1月26日，なお部分的麻痺の状態にあった。

治療としては，保存的に行われ，ビタミン製剤，ATP，ナイクリン，ソルコーテフなどの静脈内持続点滴を，昭和52年1月12日より，2月4日にかけて，合計6回行っている。2月に入り，右耳鳴（ワーン，ワーン，ザク，ザクの2種類）を訴えた。麻痺の回復はおそく，外見上，ほぼ麻痺が回復したのは，昭和52年4月頃である。同年7月27日，右側に病的共同運動および痙攣を確認された（口輪および眼輪筋間）。同年11月には，疲労に際して，右側眼角部が吊り上げる感じがすると訴えている。同52年12月28日の受診時は，右閉眼時右口角挙上，口をとがらすと，眼輪筋が少し収縮し，「イー」では動かなかった。また，右閉眼，口をとがらしに際して，右耳鳴（ゴー，ゴー）を聞き，聴力が時々低下するといっている。昭和53年1月14日のotoadmittance 測定で，口をとがらす，閉眼に一致して，耳小骨筋反射を確認した（図2）。同年1月25日に行った聴力検査の結果は，図3の如くである。昭和52年1月12日の聴力は正常であることが確認されている。1KHz，2KHz

図1．右顔面神経麻痺の状態を示す。閉眼および「イー」を指示している。

図2．口をとがらしに際して確認された右耳小骨筋反射を示す。10目盛が，20mmho である。

で，口をとがらした時に，約40dB の聴力低下を認める。また，250Hz，8KHz では，安静時の方が聴力が低下している。職業上，子供に「なーに」と問いただすとき，閉眼および口輪筋に変化を（痙攣）おこしやすく，このとき，

図3. 右側標準純音聴力検査, 安静時と, 口をとがらせた時の気導 (●—●, ○—○), 骨導 (▶, ▷) の変化を示している. 1 KHz, 2 KHzで, 口をとがらせた時に, 約 40dBの聴力低下を認める. 250Hz, 8 KHz では, 安静時の方が聴力が低下している.

よけいに聴力が低下すると訴え, 治療の必要性を訴えた. 昭和53年3月30日に, 耳内切開により, 鐮骨および鐮骨筋を観察した. 耳小骨の形状は正常であった. 閉眼, 「ウー」によっても手術顕微鏡下に, 鐮骨筋の収縮を確認できなかった. 鐮骨筋腱の切断によって, 右耳鳴, 口とがらしに際しての著しい聴力低下は消失した. この時のオーゾグラムは, 図4のごとくで,

考

鐮骨筋の収縮による伝音能率の低下は, これまで, 次のような方法によって, 鐮骨筋を収縮させて, その時の聴力あるいは蝸牛電位などの変化を測定して行われてきた. すなわち, ①反対側の耳に, 強大音を与え, 測定耳に, ほとんど同時におこる鐮骨筋の収縮, すなわち, 鐮骨筋の音響性反射収縮^{13) 29)}, ②鐮骨筋を電氣的に刺激して^{15) 18)}, 直接これを収縮させる, ③ヒトで, 先天的に鐮骨筋 (これは確実な証拠がないが) の随意的収縮が可能な症例の測定^{19) 22) 24) 27)}, ④鐮骨筋のみを収縮させる薬物の使用^{4) 6) 12)}, ⑤鐮骨筋に人工的に張力をかけ (例えば, おもり), 正円窓管内の音圧の変化を測定^{17) 14)}

図4. 鐮骨筋腱切断後の標準純音聴力検査. 安静時と口をとがらせた時に, 前図のような見るべき差異を認めない.

安静時, 口をとがらせた時の聴力には, 術前のような見るべき差を認めなかった. 同53年5月31日には, バス, 子供の大声, 大きな音などが異常に大きく感じられると訴えた. 同年8月14日 otoadmittance により, 耳小骨筋反射の消失を確認した.

患者は, 鐮骨筋切断後, それまであったいららが消失し, hyperacusis の訴えがのこるも, 今回の治療結果に満足している.

按

^{25) 3)}, 等々の方法である.

この論文で報告する症例は, 顔面神経麻痺の回復過程でおこる神経の misdirection が, 鐮骨筋におこり, 顔面筋収縮とともにおこる鐮骨筋の収縮を利用して, これが聴力低下におよぼす値を測定したものである. この現象も, 上述の鐮骨筋収縮法の1つに, 加えられてよいものである.

さて, 上述の方法によって, 鐮骨筋を収縮させ, その時の聴力低下を測定した動物実験による報告は, 多数あるが, 図5に, この大きさをまとめた. 横軸に周波数を, 縦軸に, 鐮骨筋の収縮によっておこる聴力低下を, デシベルで示

図5. 鐙骨筋収縮による伝音能率の低下. 各報告者の測定条件 (実験動物, 鐙骨筋の収縮法, 骨胞の開閉) は, 以下のごとくである. Wever & Vernon (1955) —ネコ, 音響性反射収縮, 開放骨胞, Simmons (1959) —ネコ, 主に音響性反射収縮, 閉鎖骨胞, Neergaard (1963) —ヒト側頭骨標本, 鐙骨筋への張力負荷 (6 g), おそらく開放骨胞, Möller (1964) (×—×) —家兎, 電気刺激, 開放骨胞, Möller (1964) (▽—▽) —ネコ, 音響性反射収縮, 開放骨胞 Gerhardt (1966) —モルモット, 鐙骨筋へ張力負荷おそらく開放骨胞, Teig (1973) —ネコ, 電気刺激, 5.17 g 負荷, 閉鎖骨胞, Nuttall (1974) —モルモット, 電気刺激, 開放骨胞.

図6. ヒト耳小骨筋収縮による伝音能率の低下.

各報告者の測定条件は, 次のごとくである. Smith (1943) —随意収縮可能な中耳耳小骨筋収縮, 両耳の平均値, 鐙骨筋, 鼓膜張筋両方の収縮か, 閉鎖中耳, Pichler (1957) —外耳道皮膚電気刺激, 10耳の平均値, 両耳小骨筋か, Reger (1960) —随意収縮, 両耳小骨筋か, 閉鎖中耳, Sumi (1962) —随意収縮, 両耳小骨筋収縮か, 渡辺 (1973) —顔面神経麻痺回復過程の Misdirection.

してある. 諸家の報告値は, 低音部で, 約 5~15dB の聴力低下にとどまっているのがわかる. わずかに Gerhardt がモルモットを使用した実験で, 30dB に達したという報告を, Teig

が 5.17 g 張力負荷により, 20dB 低下をみたと報告をしている. Neergaard のヒト側頭骨による測定も, 生体でないので便宜上, この図に含めた.

図6に, ヒト耳小骨筋収縮による聴力低下の報告例をまとめた. これによると, Smith²²⁾, Reger¹⁹⁾ で, 250Hz および 1KHz で, それぞれ15ないし30dB, および15ないし35dB の聴力低下をみている. 但し, 125Hzで, Smith は, 40dB 低下を報告している. これらの症例は, 収縮時, 鼓膜中央部の陥凹をみることより, いずれも, 鼓膜張筋あるいは, 両耳小骨筋によるものであろうと報告されている¹⁹⁾²²⁾. 自分で耳小骨筋収縮のできた角²⁴⁾の報告も, 低音で, 10~20dB の聴力低下にとどまっている. Pichler¹⁸⁾ の電気刺激による鐙骨筋収縮の測定によると, 鐙骨筋, 鼓膜張筋, 両者の収縮の効果は, 5~10dBとなっている. 中村¹³⁾が, ヒトで, 音響性反射収縮による中耳伝音能率の変化を測った報告によっても, 5dB以下の値である. また, 渡辺²⁷⁾のアブミ骨筋異常収縮に伴う耳鳴および聴力低下, 8例の報告をみると, 大多数は, 5~10dB であり, 2例において, 15dB の気導低下をみたのみである. 図6には, 最も低下の大きかった症例を記した. 森満の報告も同様である³¹⁾.

以上のごとく, 動物およびヒトの鐙骨筋収縮による中耳伝音能率の低下は, 5~15dB であるというのが, これまでの報告の結論であると考えてよい. そして, 鼓膜張筋の収縮が加わると, 40dB に達する聴力低下を示すといえる. この事実に加えて, 音響性反射収縮は, 10~100msec の潜伏時間があり, 鐙骨筋収縮がおこるときには, すでに, 強大音は, 内耳へ侵入している²⁰⁾と考えられ, 内耳の保護作用としての意義はほとんどないとするのが, これまでの定説であるといえる⁵⁾.

これらの事実を参照すると, 著者らが今回報告する症例のもつ意義の重大さが理解できる. すなわち, 鐙骨筋の単独収縮によっておこる聴

力低下あるいは、内耳の保護作用が、低音部で最大 40dB に達することを示しているからである。この値は、従来報告されている鐙骨筋収縮による聴力低下と較べて²⁷⁾³¹⁾、はるかに大きい値であるといえる。しかも、ヒトで、鐙骨筋の単独収縮によることを直接確認した初めての症例である。

鐙骨筋の音響性反射収縮は、持続時間が短く、それが中耳伝音能率に与える効果を、直接正確に測定するのは難しい。したがって、本症例のような測定を集めることは、鐙骨筋収縮による伝音能率の低下を検討するのに、重要な方法であるといえる。今回、著者らの測定したヒトの症例は、顔面神経麻痺の回復過程においておこる神経の *misdirection* の現象が、鐙骨筋におこったものを利用したものである。この顔面神経麻痺後の痙攣症と、それに伴う耳鳴の現象は、渡辺²⁷⁾によると、12年間に8例みたというが、著者らが、京都大学耳鼻咽喉科顔面神経外来で、昭和52年5月より、昭和53年6月までの1年間に観察した症例数は11例である。このように顔面神経の *misdirection* に伴う鐙骨筋の収縮によっておこる耳鳴は、少なからず認められる現象であるが、その際、聴力の変動があるものでは、5~10dB の小範囲の変動を示すものが大多数である。しかし、そのなかに、聴力閾値の大きな変動を示すものがあり、低音域で 40 dB をみたものが、本症例である。著者らは、その他、30 dB、1例などの症例も経験している。このように、顔面神経麻痺後におこる鐙骨筋への神経の *misdirection* の現象は、鐙骨筋の単独収縮によっておこる聴力低下ないしは、過大音保護作用の大きさを、ヒトで、直接測定しうる絶好の材料である。

最後に、顔面神経の *misdirection* に伴う現象を利用する方法の問題点にふれておきたい。

①神経伝達路の差—鐙骨筋の音響性反射収縮は、末梢に伝えられた強大音による刺激が、内耳聴神経—腹側蝸牛神経核—上オリブ核群—顔面神経の経路をとおり、交叉性、非交叉性の

反射路をへて、不随意に、鐙骨筋を収縮させる¹⁶⁾わけだが、神経の *misdirection* による収縮は顔面筋への支配神経が鐙骨筋へ連絡し、これを収縮させる随意収縮である。このように、両者の間には、その神経伝達路の差異があり、同一の起点によって、鐙骨筋の収縮がおこるものではない。とくに、収縮の随意性および持続時間については、明瞭な差がある⁹⁾¹⁶⁾。音響性反射収縮の持続時間は、約2秒であり、連続刺激にも収縮は、低下していく。刺激音響負荷後、約2秒間一定の収縮が持続したあと、徐々に減少していく⁹⁾。一方、神経の *misdirection* による場合は、顔面筋収縮時間と同等の間、収縮が持続し、また、収縮の程度を随意的に変化させることが可能である。それゆえ、聴力低下を測定することが可能であるわけでもある。

②筋収縮による雑音の *masking* 効果—これが実際に存在することは、同時に耳鳴を訴えることより推測される。そして、この雑音がある程度、マスキング効果を果していることは想像される。しかし、筋肉の収縮時の雑音は、40dB という大きな値を説明できるほどではない¹⁹⁾と思われる。

③耳内筋以外の耳介周囲筋の収縮—顔面神経の *misdirection* が、これらの筋に再生し、これを収縮させる可能性を考えると、雑音としては十分影響しうる。とくに、インピーダンス測定の場合、これらの筋の収縮が、耳小骨筋反射に重なって記録される可能性がある。これを充分除外するよう注意する必要がある。

④鐙骨筋収縮のあり方の差異—本報告で示す聴力図は、安静時にすでに、*stiffness curve* を示しており、しかも、250Hz、8KHz では、口をとがらせた際が、むしろ聴力は、よくなっている。この症例の鐙骨筋の状態は、生理的とはいえない。筋肉の単純な収縮という現象のみでなく、持続的収縮あるいは、緊張の亢進などの存在も予想され、これが複雑な伝音能率の変化をきたしたと考えられる。この症例は、同時に顔面におこる収縮が、いわゆる顔面痙攣症で

あるので、鐙骨筋にも、同じ現象がおこっていることは、十分推測できる。しかし、本報告で述べなかった他の症例、例えば外傷性顔面神経麻痺後におこった異常共同運動(12才、男子)に伴う聴力低下 30dB では、安静時に、水平型の聴力が、鐙骨筋収縮によって、stiffness

curveを示した。この例では、顔面痙攣もなかった。このように、同じ misdirection に伴う鐙骨筋の収縮の仕様には、差異がある。このことは、音響性反射収縮との関連を考える場合、念頭においておかねばならない。

ま と め

鐙骨筋による聴力低下(内耳の保護作用)を、顔面神経麻痺後の misdirection の現象を材料として測定した。その結果、低音部において、40 dB という従来の報告より大きな値をえた。この値は、鐙骨筋の単独収縮による値と考えられる。

松学教授の御校閲を深謝致します。天理よろず相談所病院耳鼻咽喉科(部長・北村博之先生)の御援助を深謝致します。本論文の要旨は、第23回日本オージオロジー学会総会(名古屋, 10月6~7日, 1978)において発表した。

参 考 文 献

- 1) Borg, E.: Regulation of middle ear sound transmission in the nonanesthetized rabbit. *Acta Physiol. Scand.* 86: 175~190, 1971.
- 2) Frey, H.: Ueber eine besondere Form der subjectiven Geräusche. *Mschr. f. Ohr. hk.* Wien 70: 1034~1037, 1936.
- 3) Gerhardt, H. -J. und Wagner, H.: Zum Einfluss der Binnenohrmuskelfunktion auf die Lärmschädlichkeitsschwelle fuer kontinuierliche Toene und Geräusche beim Meerschweinchen. *Archiv. klin. exper. Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilk.* 186: 207~215, 1966.
- 4) Gisselsson, L., Loefstroem, B. & Metz, O.: The effect of succinylcholine on the middle ear muscles and on the transmission of sound through the middle ear. *Acta otolaryng.* 47: 233~244, 1957.
- 5) 勝木保次編集, 生理学大系 pp. 728~731.
- 6) 河村正三, 他: 鼓室小筋収縮が伝音器に及ぼす影響に関する実験的研究. *日耳鼻* 61: 845~849, 1958.
- 7) Kevanishvili, Z. Sh. & Gvacharia, Z. V.: On the role of the tensor tympani muscle in sound conduction through the middle ear. *Acta Otolaryng.* 74: 231~239, 1972.
- 8) Legoux, J. P. & Terab, S.: Experimental study of bone conduction in ears with mechanical impairment of the ossicles. *J. Acoust. Soc. Am.* 31: 1453~1457, 1959.
- 9) Metz, O.: Studies on the contraction of the tympanic muscles as indicated by changes in the impedance of the ear. *Acta Otolaryng.* 39: 397~405, 1951.
- 10) Moeller, A. R.: Effects of tympanic muscle activity on movement of the ear drum, Acoustic impedance and cochlear microphonics. *Acta Otolaryng.* 58: 525~534, 1964.
- 11) Moeller, A. R.: An experimental study of the acoustic impedance of the middle ear and its transmission properties. *Acta Otolaryng.* 60: 129~149, 1965.
- 12) 永井武: 耳小骨筋機能に関する実験的研究. *日耳鼻* 71: 500~534, 1968.
- 13) 中村賢二, 岡本途也: 人の音響性鼓室小筋反射が中耳伝音能率に及ぼす影響に関する研究. *日耳鼻* 59: 1933~1938, 1956.
- 14) Neergaard, E. B., Andersen, H. C., Hansen, C. C. & Jepsen, O.: Experimental studies on sound transmission in the human ear. III. Influence of the stapedius and tensor tympani muscles. *Acta Otolaryng. Suppl.* 188: 280~286, 1963.
- 15) Nuttal, A. L.: Tympanic muscle effects on

- middle ear transfer characteristic. J. Acoust. Soc. Am. 56 : 1239~1247, 1974.
- 16) 大野吉昭：脳幹部障害における音響性アブミ骨筋反射の分析。日耳鼻 81 : 1356~1358, 1978.
- 17) 恩地豊：聴器の伝音機構。日耳鼻61回総会宿題報告モノグラフ。
- 18) Pichler, von H. und Bornschein, H. : Audiometrischer Nachweis nichtakustisch ausgelöster Reflexkontraktionen der Intraauralmuskulatur. Acta Otolaryng. 48 : 498~503, 1957.
- 19) Reger, S. N. : Effect of middle ear muscle action on certain psycho-physical measurements. Ann. Otol. 69 : 1179~1198, 1960.
- 20) Shambaugh : Surgery of the ear. 383~389, 1967.
- 21) Simmons, F. B. : Middle ear muscle activity at moderate sound levels. Ann. Otol. 68 : 1126~2243, 1959.
- 22) Smith, H. D. : Audiometric effects of voluntary contractions of the tensor tympani muscle. Arch. Otolaryngol. 38 : 369~372, 1943.
- 23) 末田卓也：家兎の耳小骨筋反射に関する実験的研究。日耳鼻 74 : 217~229, 1971.
- 24) 角郁夫：音響性耳内筋反射の測定法の研究。日耳鼻 65 : 730~745, 1962.
- 25) Teig, E. : Differential effects of graded contraction of middle ear muscles on the Sound transmissaion of the ear. Acta Physiol. scand. 88 : 382~391, 1973.
- 26) 渡辺勉：顔面神経麻痺の回復過程における異常現象。とくに鎧骨筋性耳鳴について。臨床と研究 47 : 1362~1368, 1970.
- 27) 渡辺勉, 他 : アブミ骨異常収縮に伴う耳鳴について。Audiology Japan 16 : 81~88, 1973.
- 28) Wever, E. G. & Lawrence, M. : Physiological acoustics pp. 179~196, 1954.
- 29) Wever, E. G. & Vernon, J. A. : The effects of the tympanic muscle reflexes upon sound transmission. Acta otolaryng. 45 : 433~439, 1955.
- 30) Wiggers, H. C. : The functions of the intra-aural muscles. Am. J. Physiol. 120 : 771~780, 1937.
- 31) 森満保, 武馬成人 : 外傷性 Facial spasm および Stapedius spasm 症例 耳喉 47 : 79~82, 1975.

原稿到着：昭和53年10月11日

別刷請求先：村田 清高

〒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