原 著

タ ッ ピ ン グ 法 に よ る 頸 筋 電 位

— ク リ ッ ク 音 に よ る 前 庭 性 頸 筋 電 位 と の 比 較 検 討 —

室 伏 利 久¹⁾・松 崎 真 樹²⁾・内 藤 理 恵¹⁾尾 関 英 徳¹⁾・吉 岡 克 己³⁾・水 野 正 浩³⁾

Vestibular Evoked Myogenic Potentials by Tapping the Head and by Clicks

Toshihisa Murofushi¹⁾, Masaki Matsuzaki²⁾, Rie Naito¹⁾,
Hidenori Ozeki¹⁾, Katsumi Yoshioka³⁾, Masahiro Mizuno³⁾¹⁾ Department of Otolaryngology, University of Tokyo²⁾ Department of Otolaryngology, Tokyo Metropolitan Bokuto Hospital³⁾ Department of Otolaryngology, University of Tokyo Branch Hospital

Vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) by tapping the head and by clicks were studied in 6 normal subjects (4 males and 2 females, age: 26 to 38 years old) and 11 patients with cochleo-vestibular disorders (4 males and 7 females, age: 22 to 66 years old). Diagnoses were acoustic neuroma in 5 patients, vestibular neuronitis in 2 patients, low tone sensorineural hearing loss in 2 patients, Meniere's disease in one patient and sensorineural hearing loss in one patient. All of the normal subjects had biphasic responses (p13-n23) to tapping the head as well as to clicks. We evaluated VEMPs in patients with cochleo-vestibular disorders with reference to the presence of p13-n23, amplitude ratio of p13-n23, and interaural latency differences of p13 and n23. In patients with cochleo-vestibular disorders, VEMPs by clicks were absent in 7 patients, decreased in amplitude in 2 patients and normal in 2 patients. VEMPs by tapping were absent in 3 patients, prolonged in latency of p13 in 5 patients and normal in 3 patients. Concerning differentiation of normal VEMPs from abnormal VEMPs, 10 of 11 patients showed the same VEMPs by tapping as by clicks. As long as interaural latency differences are included as parameters of evaluation, VEMP by tapping is a useful substitution for VEMP by clicks.

Key words: vestibular evoked, click, tapping, saccule

緒 言

比較的強大なクリック音刺激によって胸鎖乳突

筋に誘発される反応^{1)~6)}は、vestibular evoked myogenic potentials (VEMP)¹⁾と呼ばれ、球形囊斑・下前庭神経系の新しい機能検査として有望視されている。この反応は、基本的にはクリック音による末梢前庭器、とくに球形囊斑への刺激に起因するものと考えられている^{7)~9)}。この仮定に

¹⁾ 東京大学医学部耳鼻咽喉科学教室

²⁾ 東京都立墨東病院耳鼻咽喉科

³⁾ 東京大学医学部分院耳鼻咽喉科

従えば、音響刺激以外の刺激でも何らかの振動が側頭骨に与えられれば、クリック音の場合と同様の反応が得られることが期待される。Halmagyi¹⁰⁾は腱反射用のハンマーを用いて、頭蓋骨に振動を与えること（タッピング）によってクリック音による VEMP と類似の反応が得られることを報告した。本法は、クリック音による方法では伝音連鎖の障害のため、VEMP が測定できない症例にも応用可能であると期待される。しかし、彼らの報告は健常例のほかは、前庭神経切断術後の症例、前庭障害のない伝音難聴、感音難聴の症例など、特殊な症例に限定されていた。本反応が前庭系の反応であることを示すためには彼らの症例は適切であるが、タッピング法の臨床応用を目指すためには、一般的な聴・平衡覚障害症例において、クリック法とタッピング法においてどの程度一致した結果が得られるのかを明らかにすることが必要である。今回われわれは、健常例および一般的な聴・平衡覚障害症例について、Halmagyi¹⁰⁾と類似のタッピング法により胸鎖乳突筋に誘発される反応を記録し、クリック音に対する反応と比較検討したので報告する。

対象と方法

対象

健常成人 6 名（男：女＝4：2、26-38歳）、および聴・平衡覚障害症例 11 名（男：女＝4：7、22-66歳）を対象とした。聴・平衡覚障害の内訳は、聴神経腫瘍 5 例、前庭神経炎 2 例、低音障害型感音難聴 2 例、メニエール病 1 例、感音難聴 1 例であった。

方法

電極には皿電極を用い、関電極を胸鎖乳突筋筋腹に、不関電極を胸骨上端外側縁に左右対象に貼付した。また、接地電極は鼻根部に貼付した。この電極位置はタッピング法とクリック法の両者において共通である。

タッピング法には、日本光電社製テンドンハンマー TA-420B を用いた。このテンドンハンマーを用いて頭頂部のタッピングを行うことにより、ハンマー内に装着されたピエゾ素子に生じる電位差を増幅し、トリガとして使用した。タッピング後 50 msec の記録電極に生じる電位変化を記録し、20回平均加算した。タッピングは約 1 Hz の頻度で行った。帯域フィルターは 20-2000 Hz と

した。胸鎖乳突筋を緊張させるため、タッピングのあいだ仰臥位で頭部を挙上するように指示した。

クリック法では、0.1 msec クリック (95 dBnHL) をヘッドホンを通して一側耳に提示した。刺激頻度 5 Hz、加算回数 200 回、帯域フィルターは 20-2000 Hz とした。胸鎖乳突筋を緊張させるため、音刺激のあいだ仰臥位にて頭部を被刺激耳と反対側に回旋させておくように指示した。すなわち、クリック法における方法は松崎ら¹¹⁾によって報告されている方法と同様である。

聴・平衡覚障害症例については、温度刺激検査と純音聴力検査も施行した。

結 果

1. 健常例における反応

1) クリック法

健常例においては全例にてクリック法では、潜時 11-13 msec に positive peak, 18-25 msec に negative peak をもつ二相性の反応、いわゆる (p13-n23)¹⁷⁾ が認められた (図 1-a)。最初の positive peak (p13) の平均値 +SD は、12+0.47 msec、最初の negative peak (n23) の平均値 +SD は、21+2.3 msec であった。また、右耳刺激時と左耳刺激時の p13 と n23 の潜時差の平均値 +SD は、それぞれ 0.33+0.15 msec、1.0+1.1 msec

図 1 32歳男性（健常例）の VEMP

a. クリック法による反応, b. タッピング法による反応。それぞれ上段が左胸鎖乳突筋, 下段が右胸鎖乳突筋の反応。クリック法の場合同側耳刺激 (95 dBnHL) による。いずれの方法でも二相性の反応 (I=p13, II=n23; 図 2, 3 も同様) が明らかに認められる。

であった。

p13-n23 の振幅の平均値+SD は、 $110+66\mu\text{V}$ であり、p13-n23 振幅の左右比 (EPratio) を、 $(\text{EPratio})=100|\text{Ar}-\text{Al}|/(\text{Ar}+\text{Al})$ 、ただし、Ar=右耳刺激時の p13-n23 振幅、Al=左耳刺激時の p13-n23 振幅として算出すると、その平均値+SD は $12+9.2$ であった。

右耳刺激時と左耳刺激時の p13 と n23 の潜時差 (潜時左右差) および、p13-n23 振幅の左右比について、平均値+2SD を正常上限とし正常範囲を設定した。すなわち、
p13 潜時左右差 <0.7 msec,
n23 潜時左右差 <3.2 msec,
EPratio <31 を正常範囲とした。

2) タッピング法

タッピング法においても全例にて両側性にクリック法の p13-n23 と類似の反応が認められた (図 1-b)。クリック法の p13 に相当する positive peak の潜時の平均値+SD は、 $13+2.3$ msec, n23 に相当する negative peak の平均値+SD は、 $24+3.0$ msec であった。また、p13 潜時左右差、n23 潜時左右差の平均値+SD は、それぞれ $1.4+1.2$ msec, $3.0+2.4$ msec であった。

p13-n23 の振幅の平均値+SD は、 $310+100\mu\text{V}$ であり、p13-n23 振幅の左右比 (EPratio) の平均値+SD は、 $11+6.0$ であった。クリック法の場合と同様に正常範囲を設定すると、p13 潜時左右差 <3.8 msec,

n23 潜時左右差 <7.8 msec,

EPratio <23 を正常範囲とした。

2. 聴・平衡覚障害症例における反応

1) クリック法とタッピング法

聴・平衡覚障害症例における反応は (表 1, 図 2, 3) の如くであった。すなわち、クリック法による患側の VEMP は、2 例で正常、2 例で振幅減少、7 例で反応消失であった。これに対しタッ

図 2 31歳男性 (左低音障害型感音難聴症例) の VEMP

左耳聴力は 250 Hz から 4000 Hz までの平均で 38 dBHL であった。

温度眼振反応は両側とも正常であった。

a. クリック法による反応, b. タッピング法による反応。

それぞれ上段が左胸鎖乳突筋, 下段が右胸鎖乳突筋の反応。

クリック法の場合同側耳刺激による。

いずれの方法でも左胸鎖乳突筋での反応が消失している。

表 1 クリック法とタッピング法の比較

C-VEMP, T-VEMP はそれぞれクリック法とタッピング法を表す。

MD=メニエール病, AT=聴神経腫瘍, LSNH=低音障害型感音難聴, VN=前庭神経炎, SNHL=感音難聴。

型については結果の項を参照のこと。

症例	診断	C-VEMP	T-VEMP	型
#1 44F	L-MD	正常	正常	A
#2 48F	L-AT	無反応	p13遅延	B-2
#3 31M	L-LSNH	無反応	無反応	B-1
#4 22M	L-LSNH	無反応	無反応	B-1
#5 54M	R-AT	振幅減少	p13遅延	B-2
#6 66F	L-VN	正常	正常	A
#7 59F	L-SNHL	振幅減少	正常	C
#8 51F	L-AT	無反応	p13遅延	B-2
#9 52F	R-AT	無反応	無反応	B-1
#10 31M	R-VN	無反応	p13遅延	B-2
#11 56F	L-AT	無反応	p13遅延	B-2

図3 48歳女性（左聴神経腫瘍症例）

左耳聴力は 250 Hz から 4000 Hz までの平均で 50 dBHL であった。

温度眼振反応は左無反応であった。

a. クリック法による反応, b. タッピング法による反応。

それぞれ上段が左胸鎖乳突筋, 下段が右胸鎖乳突筋の反応。

クリック法の場合同側耳刺激による。

クリック法では左胸鎖乳突筋での反応が消失していたが, タッピング法では潜時の延長した p13 が認められた。

タッピング法では, 3 例で正常, 5 例で患側 p13 潜時の健側に対する遅延, 3 例で患側反応消失であった。

クリック法とタッピング法の両方で患側の反応が正常であったものを A 型, 両方で患側の反応

が異常であったものを B 型, ただし, 両者の異常の内容が同一であったものを B-1 型, 異常の種類が異なるものを B-2 型, クリック法で異常であり, タッピング法で正常であったものを C 型とすると, A 型 2 例, B 型 8 例 (B-1 型 3 例, B-2 型 5 例), C 型 1 例であった。正常・異常という観点からの両法の結果の一致率は 91% (10/11) であった。

B-2 型に属する症例 (5 例) は, クリック法で反応消失であったが, タッピング法では患側 p13 潜時の健側に対する遅延であったものが 4 例, クリック法で振幅減少であったが, タッピング法では患側 p13 潜時の健側に対する遅延であったものが 1 例であった。C 型の症例は, クリック法で振幅減少であったが, タッピング法では正常であった。

2) タッピング法と温度刺激検査

タッピング法と温度刺激検査の関係をまとめると表 2 の如くであった。ここでは CP が 20% 未満が正常とした。タッピング法の正常・異常と温度刺激検査の正常・異常とのあいだには明らかな関連は見いだされなかった。

3) タッピング法と純音聴力

タッピング法と純音聴力の関係をまとめると表 3 の如くであった。純音聴力が正常であるにもか

表2 温度眼振とタッピング法による VEMP

温度眼振の異常とタッピング法による VEMP のあいだには明らかな関係は認められなかった。

		T-VEMP			
		無反応	潜時延長		
温度眼振	無反応	1	3	1	5
	CP ≥ 20%	0	1	0	1
	CP < 20%	2	1	2	5
		3	5	3	11

表3 純音聴力とタッピング法による VEMP

純音聴力は 250 Hz から 4000 Hz までの平均値によった。

難聴の程度とタッピング法による VEMP のあいだには明らかな関係は認められなかった。

		T-VEMP			
		無反応	潜時延長		
純音聴力	≤ 30dB	1	1	2	4
	≤ 60dB	2	3	0	5
	> 60dB	0	1	1	2
		3	5	3	11

かわらずタッピング法で無反応の症例がある一方で、高度感音難聴であるにもかかわらずタッピング法で正常反応が得られる症例も存在した。

考 察

比較的強大なクリック音刺激によって胸鎖乳突筋に誘発される反応、vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) は、球形囊斑・下前庭神経系の新しい機能検査として有望視されるようになってきた¹⁾⁵⁾⁷⁾。この反応は反応閾値の高い反応であり、伝音連鎖の障害のある症例、すなわち、閾値の気導―骨導差の大きな症例では測定できないとされてきた²⁾。この弱点を解決するため、Halmagyi ら¹⁰⁾ は、腱反射用のハンマーを用いて、頭蓋骨に振動を与えること（タッピング）によってクリック音による VEMP と類似の反応が得られることを報告した。彼らは伝音難聴があり、クリック音による VEMP では反応の認められない症例にタッピング法を行い反応が得られることを報告している。しかし、彼らの報告は、健常例、前庭障害のない伝音難聴、感音難聴、および前庭神経切断術後の症例という特殊な症例に限定されていた。本反応が前庭系の反応であることを示すためには彼らの症例は適切であるが、タッピング法の臨床応用を目指すためには、伝音難聴のない一般的な聴・平衡覚障害症例において、クリック法とタッピング法とのあいだで、どの程度一致した結果が得られるのかを明らかにすることが必要である。このような観点から今回の検討を行った。

まず、健常例における結果をみると、タッピング法の p13-n23 振幅は、クリック法の p13-n23 振幅より平均値で約 3 倍大きなものであった。タッピング法にてクリック法より充分大きな反応が得られることは、Halmagyi ら¹⁰⁾ の結果と一致している。タッピング法のほうが頸筋反射を誘発するためにより有効な刺激であることが考えられた。一方、潜時に関しては、Halmagyi ら¹⁰⁾ の場合、タッピング法の潜時がクリック法より短い傾向にあったのに対し、われわれの場合、むしろ潜時がやや延長する傾向を認めた。この原因は明らかではないが、ハンマーのトリガの方式の違いが影響しているのかもしれない。

聴・平衡覚障害症例においては、結果の項で明らかのように単に反応の有無だけの判定では、タ

ッピング法の場合、クリック法で無反応と判定される症例の多くが反応有り判定される結果となると考えられた。タッピング法の臨床応用に際しては、潜時のパラメーターを判定に用いる必要が示唆された。今回の検討では、p13, n23 潜時の左右差を用いた。潜時の左右差をパラメーターとして加えることで、11例中10例で異常・正常の判定結果がクリック法とタッピング法とで一致した。用いるパラメーター、正常範囲の決定については今後さらに検討の余地があるかもしれないが、潜時をパラメーターとして導入することでタッピング法をクリック法の代替法として用い得ることが示唆された。

上に述べたように、クリック法で無反応であってもタッピング法では何らかの反応が認められる症例が少なくなかった理由は何であろうか。基本的には、タッピングのほうがクリック音より内耳有毛細胞のより広い範囲の刺激になっていることが考えられる。タッピング法の反応に関与している部分としては、a) 同側蝸牛、b) 同側半規管、c) 同側卵形囊斑、d) 同側球形囊斑、e) 反対側内耳、f) 三叉神経系が考えられる。タッピング法とクリック法の結果に一定の相関があるので、タッピング法においても球形囊斑が反応に関与していることは推定できるが、上述のそれ以外の部位について、どの程度の関与があるかは不明といわざるをえない。

今回の検討から、タッピング法による頸筋電位はクリック法の代替法となり得ると考えられ、VEMP と呼称し得るものと考えられた。ただし、タッピング法は刺激の均一性に問題があり、また、刺激の較正が困難であるという弱点を有している。従って臨床応用に際しては、クリック法の補助として用いることが妥当ではないかと考えられた。

ま と め

1) 健常成人 6 名と聴・平衡覚障害症例 11 名に対し、テンドンハンマーを用いたタッピング法にて胸鎖乳突筋に誘発される筋原性電位を記録し、クリック法による筋電位と比較、検討した。

2) タッピング法のほうが、より反応が記録されやすい傾向が認められたが、潜時をパラメーターとして導入することにより、タッピング法とクリック法の正常・異常の判定はほぼ一致すると

考えられた。

3) 従って、タッピング法はクリック法の施行できない症例において代替法として用い得ると考えられた。

4) タッピング法はクリック法よりやや広範な部位からの反応ではないかと推定された。

本研究は平成9年度厚生省特定疾患調査研究補助金「前庭機能異常」の援助を受けた。

文 献

- 1) Murofushi T, Halmagyi GM, Yavor RA, et al: Absent vestibular evoked myogenic potentials in vestibular neurolabyrinthitis. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 122: 845-848, 1995
- 2) Halmagyi GM, Colebatch JG, Curthoys IS: New tests of vestibular function. Ballieres Neurol 3: 485-500, 1994
- 3) Colebatch JG, Halmagyi GM: Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. Neurology 42: 1635-1636, 1992
- 4) Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF: Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. J Neurol Neurosurg Psychiatry 57: 190-197, 1994
- 5) 將積日出夫, 長崎正男, 安村佐都紀, 他: 音刺激によるヒト前庭性誘発筋原性反応—温度眼振反応との解離例に関する検討—. Equilibrium Res 56: 354-359, 1997
- 6) 將積日出夫, 長崎正男, 安村佐都紀, 他: 音刺激による胸鎖乳突筋誘発筋電図の検討. Equilibrium Res 55: 538-544, 1996
- 7) 室伏利久: 音刺激により誘発される頸筋反射—あらたな前庭機能検査のひとつとなりうるか?—. 医学のあゆみ 182: 826-827, 1997
- 8) 室伏利久: Vestibular evoked response. Equilibrium Res 56: 395, 1997
- 9) Murofushi T, Curthoys IS: Physiological and anatomical study of click-sensitive primary vestibular afferents in the guinea pig. Acta Otolaryngol (Stockh) 117: 66-72, 1997
- 10) Halmagyi GM, Yavor RA, Colebatch JG: Tapping the head activates the vestibular system: A new use for the clinical reflex hammer. Neurology 45: 1927-1929, 1995
- 11) 松崎真樹, 室伏利久, 水野正浩: 小脳橋角部腫瘍3症例におけるクリック音刺激による前庭性頸筋電位. Equilibrium Res 56: 454-459, 1997

(原稿到着: 平成9年9月30日
別刷請求先: 室伏利久
〒113-8655 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学医学部耳鼻咽喉科学教室)