

## 頸部インピーダンス波形の測定による嚥下機能評価

関 八州彦

嚥下機能の評価法としては、誤嚥の評価が出来る点で嚥下ビデオレントゲン検査(Videofluoroscopy 以下 VF 検査と略す)が現在最も有効な方法だが、欠点として放射線被曝が挙げられる。著者は嚥下評価の方法として危険性が少なく簡便な頸部インピーダンス検査に着目した。その実用性を調査するために、本研究では VF 検査を同時に測定して嚥下機能の評価を試みた。

舌、喉頭の動きなど随意運動が及ぼす影響、食塊の量、性状の影響、また嚥下障害のない60歳以上の高齢者と健康若年者を対象とした加齢による影響を検討した。VF 検査は座位で行い、液体及び半固形物としてゼリーを嚥下させた。インピーダンス測定器は独自に製作したものを使用し、嚥下前にインピーダンスレベルを測定した。嚥下時のインピーダンス波形と VF 画像を 8 mmビデオで同時に記録し、後に咽頭期の波形を中心に解析した。

咽頭期のインピーダンス波形は、舌運動に影響されないのに対して、喉頭の動きを反映していた。VF 検査での咽頭通過時間は高齢者群で有意に延長していた。若年者で咽頭期のインピーダンス波形の相は 1~2 相だが、高齢者では多相性となる傾向にあった。

頸部電気インピーダンス測定法は、嚥下時の咽頭領域の運動を大まかに把握できる点で意味があり、また測定が容易で非侵襲的である。これらの特性を活かし、嚥下の臨床評価の実用性をさらに検討したい。

(平成9年10月28日受理)

### A Videofluorographic and Impedance Curve Study of Swallowing

Yasuhiko SEKI

Videofluoroscopy is considered to be the most accurate method for assessing oropharyngeal functions, swallowing physiology, or food as it is being swallowed, but it is an invasive radiographic technique. A number of non-imaging instrumentation procedures have been used to investigate various aspects of swallowing physiology including surface electromyography, electroglottography, and oropharyngeal manometry. The use of electroglottography, an impedance analysis of swallowing difficulty around the thyroid cartilage area, has been reported sporadically. I considered more information for impedance analysis must be available around the angles of the mandible. Using an electrical impedance technique and videofluoroscopy, the effects of voluntary movements, bolus, and aging were studied. Forty-seven normal volunteers were divided into two groups, a young adult group (23.0±









研究2

(加齢の影響)

対象と方法

10mlの液体あるいは小匙1杯のゼリーを嚥下したときのインピーダンス波形記録とVF検査を同時に行い、高齢者群と若年者群の嚥下機能をインピーダンス波形や咽頭通過時間で比較検討した。

被験者は、若年者群が19歳から28歳までの30名(男性18名,女性12名,平均年齢 $23.0 \pm 2.0$ 歳),高齢者群は61歳から82歳までの17名(男性10名,女性7名,平均年齢 $71.4 \pm 6.5$ 歳)であった。なお以前に行った研究<sup>7)</sup>では若年者の被験者数が12名と少なかったため、この研究ではあらためて別の30名で検査を行った。47名の被験者は全て過去の既往歴、現在治療中の疾患、また通常の嚥下状態について問われ、神経学的に問題がなく、嚥下に関する訴えのないことが確認された。全ての検査は、その説明を行い、同意を得た後に施行した。

結 果

インピーダンスの平均値であるインピーダンスレベルは、若年者群の平均値 $28.0\Omega$ 、高齢者群では $29.2\Omega$ と、年齢によって有意差はみられ

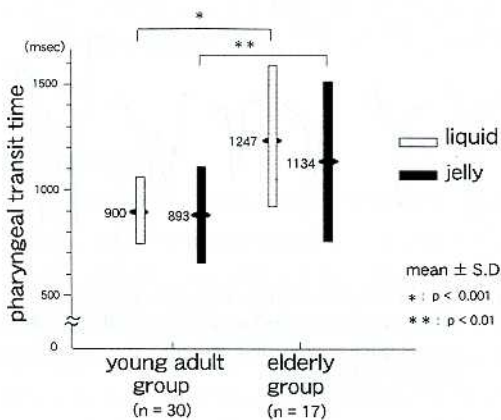


Fig. 7. Pharyngeal transit time

Table 1. Mean phases of impedance waveforms. young adult group elderly group n=30 n=17

	young adult group n=30	elderly group n=17
liquid	$1.7 \pm 1.0$	$4.1 \pm 1.4$ $p < 0.0001$
jelly	$1.5 \pm 0.8$	$3.4 \pm 1.8$ $p < 0.001$

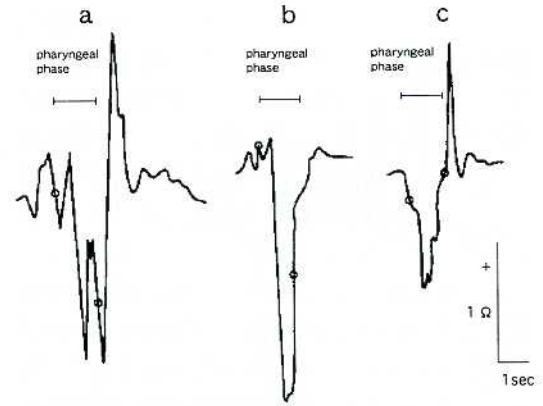


Fig. 8. Impedance waveforms of elderly subjects. The waveforms tended to become polyphasic.

なかった ( $p=0.673$ ).

VF検査による咽頭通過時間は、液体とゼリーとの間には若年者群、高齢者群とも有意差はみられなかった。液体の咽頭通過時間は、若年者群で $900 \pm 158\text{msec}$ であったのに対して、高齢者群では $1247 \pm 327\text{msec}$ と有意に延長していた ( $p < 0.001$ )。ゼリーでも同様に若年者群 $893 \pm 216\text{msec}$ 、高齢者群 $1134 \pm 369\text{msec}$ と有意差 ( $p < 0.01$ ) がみられた (Fig. 7)。

VF検査で若年者群ではみられなかった咽頭期異常所見は、高齢者群では食塊が咽頭へ早期に流入する、喉頭蓋谷に残留するなど何らかの異常所見が17例中13例でみられた。

咽頭期のインピーダンス波形は液体で若年者群が $1.7 \pm 1.0$ 相であるのに対して、高齢者群は $4.1 \pm 1.4$ 相で有意 ( $p < 0.0001$ ) に多相性となっていた。ゼリーでも同様に若年者群 $1.5 \pm 0.8$ 相、高齢者群 $3.4 \pm 1.8$ 相と有意差 ( $p < 0.001$ ) がみ

られた (Table 1). すなわち電極の位置によってインピーダンスの変化量は異なるものの、健康若年者の嚥下時咽頭期のインピーダンス波形は1~2相になるのに対して、高齢者では多相化した波形となるものが多かった。Figure 8に、高齢者の波形例を示す。咽頭期にaは4相性、cは3相性の波形をとっている。咽頭通過時間は、「食塊の先端が口蓋垂に達した時から、食塊の後端が第6頸椎下端高位を通過するまでの時間」と定義したが、bの波形と咽頭期の関係は、喉頭挙上開始前に咽頭早期流入があることを反映している。

## 考 察

嚥下障害は、脳血管障害に限らず様々な疾患で問題となる。しかしながら見過ごされたり客観的な評価がなされないまま必要以上に経管栄養を続けている例も多い。誤嚥性肺炎を繰り返すためにやむなく経鼻栄養をとることもあろうが、非生理的であり、「食べる楽しみという人間としての喜び」<sup>11)</sup>を奪っていることも事実である。しかしながら嚥下障害に対する問題意識は高まってきており、研究会を経て1996年に発足した日本摂食・嚥下リハ学会には多くの医師、歯科医師、看護婦、栄養士、言語療法士、理学療法士、作業療法士、歯科衛生士、保健婦などが入会しており、学会場ではその学際的な研究報告を聞くことができる。

川崎医科大学リハ科においても評価から嚥下訓練を中心とした治療までチームアプローチがなされている。VF検査に関してみれば1995年11月から1996年10月までに、94例120回施行されている。脳血管障害による嚥下障害が94例中43例と半数近くを占めるが、口腔・咽喉部の腫瘍摘出後の嚥下障害が多いのが当科の特徴であろう。

嚥下、特に短時間に多数の神経・筋が複雑な協調運動を行う咽頭期については、これまで筋電図、食道内圧測定、超音波検査法など様々な手法で研究されてきた<sup>12)</sup>。針筋電図では侵襲的で疼痛を伴う。表面筋電図では個々の筋の測

定ができない欠点があるものの、喉頭挙上の際の記録をバイオフィードバック法に利用できる有用性がある。食道内圧測定法はトランスデューサーを用いて正常の嚥下生理において研究されてきたが、輪状咽頭筋の弛緩不全の際、手術適応を判断するのに有用である。ただ比較的侵襲的な検査であり、圧変化の理由を確認するためにはVF検査と併用する必要がある。超音波検査法はオトガイ下部に探索子を当てて嚥下中の舌や舌骨の運動を見るものだが、手軽で非侵襲的である反面、誤嚥の確認はできない。電気声門図はこれまでの研究で、誤嚥の確認はできない、再現性に問題があるなどの欠点はあるものの、その非侵襲性に著者は着目した。電極配置を独自の位置に変更し、嚥下のインピーダンス検査法を目的として研究を行った。

まず得られたインピーダンス波形の意味をVF検査を利用して検討、そしてその波形に影響を与える因子について研究した。

著者が選択した電極位置では、舌の運動、すなわち舌筋群の収縮は波形にあまり影響を与えないようであった。しかし嚥下時に喉頭挙上位で保持させた場合は、咽頭期の波形が大きく変化した。このことはFigure 4で⑤のピークが喉頭挙上を反映していると考えられ、咽頭期のインピーダンス波形は随意運動の影響を受けうる、という事にもなる。食塊の影響については、温度、性状ともはっきりした傾向はつかめなかった。ただ嚥下する量が増えれば、多相性の波形パターンになるようであり、個々人で適切な一回嚥下量というものがあると推測される。

次に頸部インピーダンス測定とVF検査を同時記録し、高齢者群と若年者群の嚥下機能を、インピーダンス波形や咽頭通過時間で比較検討した。咽頭通過時間は液体とゼリー間で有意差がなかったが、高齢者群の方が若年者群に比べて液体とゼリーいずれも有意に延長していた。なお文献7の研究では液体についてのみ有意差がみられた。高齢者のVF画像では咽頭早期流入や喉頭蓋谷残留など咽頭期異常所見が目立ったが、加齢によって神経系の機能低下、筋や靭帯

の弛緩を来たし、結果嚥下の予備力が低下したと考えられる<sup>13)</sup>。咽頭通過時間の延長はその結果を反映しているのではないか。

インピーダンス波形は高齢者群で多相化がみられたが、これは食塊通過において予備力低下を代償しようと、単純な喉頭挙上以外に本人にとって都合のよい舌骨筋群や咽頭筋群の収縮パターンを確立しており、それが波形に反映されたのではないかと推察できる。もしそれが正しければ、多相性となった波形のみを見て異常と捉え、若年者のような単相波形となるよう嚥下訓練を行う、といったことは無意味であろう。

著者<sup>14)</sup>は老人保健施設入所中の高齢者31名(平均年齢78.5±6.3歳)を対象に、十分な説明を行い、同意を得た上で、頸部電気インピーダンス検査下に水のみテストを実施している。10mlで58%、30mlで74%に多相性のインピーダンス波形がみられ、高齢者で嚥下予備力が低下しているという当論文の結果を支持するものとなった。さらに水のみテストでむせがあった6例についてはVF検査と嚥下インピーダンス検査法の同時記録を行い、2例で誤嚥を確認した。

このように臨床で嚥下障害の補助診断としての、頸部電気インピーダンス検査法の可能性が示唆される。

頸部電気インピーダンス法の現在の問題点は、測定機器の再現性は十分あるにも関わらず、被験者側の緊張や慣れ、食塊を咽頭に送り込み嚥下するという随意運動などの要素が波形の再現性に影響するという点である。この被験者側の再現性を高める工夫は今後にも必要である。

いわゆるインピーダンス法は、定量的には限界があるが、定性的に無侵襲で長時間の連続測定が可能、という特徴をもっており、今後もVF検査から情報を得つつ、嚥下時の頸部電気インピーダンス法の可能性を探っていく考えである。

稿を終えるにあたり、川崎医科大学リハビリテーション科 明石 謙教授の御指導と御校閲に深甚なる謝意を表します。またインピーダンス測定器の作成と終始有益な御助言を下さった岡山大学工学部 山本尚武助教授に深謝致します。

本研究は厚生省長寿科学総合研究事業の援助によって行われ、本論文の一部はその報告会において発表した。

## 文 献

- 1) 藤島一郎：脳卒中の摂食・嚥下障害とリハビリテーション。脳卒中の摂食・嚥下障害。医歯薬出版。1993、pp 1-16
- 2) Schults JL, Perlman AL, VanDaele DJ: Laryngeal movement, oropharyngeal pressure, and submental muscle contraction during swallowing. Arch Phys Med Rehabil 75: 183-188, 1994
- 3) Robbins J, Hamilton JW, Lof GL, Kempster GB: Oropharyngeal swallowing in normal adults of different ages. Gastroenterology 103: 823-829, 1992
- 4) Perlman AL, Grayhack JP: Use of the electrogoniograph for measurement of temporal aspects of the swallow. Dysphagia 6: 88-93, 1991
- 5) Silver KH, Van Nostrand D, Kuhlemeier KV, Siebens AA: Sintiography for the detection and quantification of subglottic aspiration. Arch Phys Med Rehabil 72: 902-910, 1991
- 6) 金井 寛：インピーダンス計測の基礎と臨床への応用。臨床検査 26: 421-429, 1982
- 7) 関八州彦, 山本尚武, 水野雅康, 明石 謙：高齢者のインピーダンス波形と嚥下ビデオレントゲン検査に関する研究。長寿科学総合研究 6: 118-122, 1995
- 8) 金井 寛：生体電気インピーダンスとその臨床応用。医用電子と生体工学 20: 140-146, 1982
- 9) Yamamoto Y, Nakamura T, Seki Y, Akashi K: Measuring system of impedance pharyngography for diagnosis of swallowing disorders. Med Biol Eng Comput 34: 179-180, 1996



- 10) Gray C, Sivaloganathan S, Simpkins KC: Aspiration of high-density barium contrast medium causing acute pulmonary inflammation. *Clinical Radiology* 40: 397-400, 1989
- 11) 椿原彰夫, 千野直一: リハビリテーションにおける嚥下障害の評価. *総合リハ* 17: 435-441, 1989
- 12) Logemann JA: Non-imaging techniques for the study of swallowing. *Acta Oto-rhino-laryngologica Belg* 48: 139-142, 1994
- 13) Heeneman H, Brown DH: Senescent changes in and about the oral cavity and pharynx. *J Otolaryngol* 15: 214-216, 1986
- 14) 関八州彦, 水野雅康, 椿原彰夫, 明石 謙: 嚥下インピーダンス検査法の診断への応用. *長寿科学総合研究* 7: (印刷中), 1996