COUGH AND SNEEZE

TOKUJI UNNO, M.D.

*Department of Otolaryngology,**Wakayama Medical College, Wakayama.**(Director, M. Okuda, M.D.)*

The cough and sneeze are generally understood as defense mechanisms for blowing out irritant materials from the respiratory tracts. Their characteristic is a rapid expulsion of air and hence a specified expiration. The purpose of this study is to find out the differences between coughing and sneezing.

Comparisons were made for flow and volume measurements of coughing, sneezing and maximum forced expiration. The subjects, aged from 15 to 36, were 8 male and 4 female patients with allergic rhinitis. They performed maximum forced expiration and voluntary coughing in the body plethysmograph. Sneezing attacks were evoked by intranasal spray of 1% histamine solution. Air actually expired from the mouth (VATPS), volume change of the plethysmograph (VBOX), and flow rate ($\dot{V}$) were simultaneously recorded on the ultraviolet photocorder at a paper speed of 40 cm per second. According to the direction and magnitude of the flow, one paroxysm of coughing or sneezing was divided into the inspiratory, minimum flow (compressive), and expiratory phase. From analyses of the data, the peak flows of sneezing were significantly higher than coughing in the latter two phases. VATPS and VBOX of sneezing were significantly greater in the compressive phase. No significant difference was found in VATPS in the expiratory phase.

Expiratory air in sneezing is expelled not only through the nose but mouth as well. Pathways of coughing air also the nasal and oral cavities. There is no evident difference between coughing and sneezing in the expiratory phase. A difference between the two exists in the compressive phase. The extrathoracic respiratory tracts, including the nose, pharynx or larynx, prepare for the explosion in this phase. Intrathoracic compression also facilitates the squeezing of secretions from the peripheral small airways. Flow-volume curves of coughing and sneezing can be superimposed on the maximum FV curve for an individual with limited exceptional regions around peak flows of the blasts. This suggests that intrathoracic airway dynamics is almost the same during the expiratory phase. Therefore, the deeper the preceding inspiration, the greater the expiratory thrust.

A78-0001. 70020
70022

咳 と く し ゃ み

和歌山県立医科大学耳鼻咽喉科学教室（主任：奥田稔教授）

海 野 徳 二

I はじめに

咳とくしゃみとは誰でも知っているが、それがどんな現象なのかを正確に述べることは決して容易でない。咳の気体動力学についてはかなり多くの研究が既に報告されており、7-8 LPS、時には10 LPS以上にもおよぶ最大速度をもつた呼気で、2-3 Lもの空気を短時間内に吐き

出すことが分っている^{1,2,3)}。くしゃみの生理学についても古くから詳細な記載があり⁴⁾、咳と同じような爆発性の呼気であることは分っているが、それを裏付けるデータは報告されていない。Burkartは⁵⁾、くしゃみを次のように述べている。“くしゃみは吸気とともに始まる。声門の閉鎖が次に起る。鼻腔は軟口蓋の挙上によって閉ざ

第2図 咳の記録

矢印は期の移り変りを示す

第3図 くしゃみの記録例

は明らかにくしゃみの方が大きく、その範囲は0.67から1.67 Lであつた。咳の VBOX の範囲は0.13から0.8 Lであつた。呼出期の最大流速もくしゃみの方が大きい。咳の場合の最大例は7.6 LPS であるに対し、くしゃみでは8.2 LPS に達したものがあり、7.6 LPS 以上の値を示したものは6例におよんだ。VATPS の範囲は咳では0.91から2.67 L、くしゃみでは1.13から2.12 Lであつた。VBOX の範囲は咳で0.73から2.53 L、くしゃみでは0.13から1.33 Lと一般に咳よりも小さく、胸部の変化がすでに圧縮期のうちに起っていることを示している。咳とくしゃみの値の比較で統計的に有意差を示したのは、圧縮期の Peak $\dot{V}$, VATPS, VBOX, 呼出期の Peak $\dot{V}$, VBOX とであつた。

最大努力性呼吸時の最大速度の平均は6.56 LPS, VATPS の平均は 3.519 L, VBOX の平均は 3.852 L であつた。12名の被検者の各肺気量(%VC)での呼吸速度の平均値から作った Maximum Flow-Volume (FV) 曲線を

第4図 Maximum FV 曲線

第4図に示す

IV 考 按

咳とくしゃみは同じような爆発的な呼吸ではあるが、測定値の比較では有意差を示したものがあつた。一言に

表 咳とくしゃみの平均値

		Compressive Phase				Expiratory Phase			
		Time msec	Peak $\dot{V}$ LPS	VATPS L	VBOX L	Time msec	Peak $\dot{V}$ LPS	VATPS L	VBOX L
COUGH	MEAN	297.5	0.12	0.05	0.46	569.2	5.77	1.59	1.34
	S.D.	139.5	0.12	0.03	0.16	126.2	0.97	0.47	0.52
SNEEZE	MEAN	231.7	1.83	0.19	1.15	627.5	6.98	1.65	0.85
	S.D.	53.1	1.23	0.14	0.42	361.0	1.20	0.41	0.24

していえば、くしゃみの方が圧縮期での圧縮が強く、より強い呼吸をひき起しているように見える。しかし、呼出期に実際に吐き出される量には有意差がないところから、決定的な差があるとは言い切れない。反射性呼吸の強さと有効性とかは、表に示したような変数の比較だけでは決められないからでもある。また今回の測定では咳は意図的になされたものであり、くしゃみはヒスタミン溶液噴霧によって起された反射的なものであるという条件の差もある。

Tomori は⁹⁾、気道の種々の部位に機械的刺激を与えて反射性呼吸を起し、胸腔内圧、気管内圧、腹腔内圧を測定し比較検討した。彼は同程度の強さの刺激によって起る攣縮の強さを、回数、持続時間、圧の大きさ・総和・平均などを指標として比較したが、鼻の機械的刺激時の胸腔内圧や気管内圧は、咽喉頭や気管支の機械的刺激時

より有意に高いと述べている。第5図は同一人の流速と食道内圧の時間的経過を、咳とくしゃみの場合とで比較したものである。両者とも圧縮期の始まりを起点として描記してある。この例でもくしゃみの時の方が高い食道内圧が記録された。鼻からの刺激をうけた時の方が、胸腔内圧はより高くなると言つて良さそうである。Tomori はまた、一旦最高に達した胸腔内圧や気管内圧が、くしゃみでは0.2~0.3秒で元に復するの、咳では0.5~0.6秒を経過してもまだ陽圧に留まっていることを指摘している。第5図の食道内圧も、咳の場合の方がより長い間陽圧を示してはいるが、はつきりした差とは言えない。胸腔内圧が陽圧となるのは呼吸筋の収縮に基づくものであるから、咳とくしゃみとでは筋の収縮様式に差があるのかも知れないということになる。Tomori & Widdicombe は¹⁰⁾、猫の横隔膜と腹直筋、横隔神経と腰神経からの action potential を記録した。この報告によると、咳、くしゃみ何れの場合にもすでに吸気相から呼吸筋の放電が始まり、また逆に呼気相でも横隔膜からの放電が続いている。吸気相も呼気相も時間的にはくしゃみの方が短い、単位時間に発射される impulse 数 (impulses/sec) には著しい差は認められない。この実験成績からは、くしゃみの胸腔内圧がより高くなることは説明されない。胸腔内圧がどこまで上昇するかは、横隔膜や腹直筋の収縮だけで決まるのではなく、換気系を構成する筋肉、弾性組織、含有空気など複雑な条件に左右されることなのである。

理由はとにかくとして、胸腔内圧がより高いということは、同じ肺気量という条件下ではより強い圧縮が起ることを意味する。横軸に VBOX を、縦軸に VATPS をとり、同時に記録した値を plot することにより、圧縮の程度を明らかに知ることができる(図6, 7)。VATPS と VBOX とが同じ値をとるならば、グラフは原点から45°の角度をもつ直線となり、圧縮の全くないことを示

第5図 流速と圧の時間的経過

す。咳の場合は、VBOX が 1 L 以下の範囲ではグラフは横軸に近いところをほぼ平行に経過し、VBOX が 1 L に近づく附近から VATPS の変化も伴っていくことが分る。くしゃみの場合には、VBOX が 1.5 L 附近までほとんど横軸に平行に経過し、その後で急速に VATPS の変化も始まっていることが多い。またある量を越えると VBOX が却って減少傾向ないし不変傾向をみせる場合もしばしばある。グラフが横軸と平行に経過するところは、VBOX が変化しているのに VATPS の変化がないわけであるから、圧縮が起つて、口から実際に吐き出される量がないことを表わしている。この平行部分は、咳では概してきわめて小さい VATPS の値をとるのに対し、くしゃみでは 0.1~0.4 L の値があり、実際の呼吸もある程度は起っていることを示すものである。

最大努力性呼吸の際に、横軸に流量を、縦軸に流速を

第 6 図 VATPS と VBOX の比較 (咳)

第 7 図 VATPS と VBOX の比較 (くしゃみ)

とつて描かせたものが Maximum FV (Flow-Volume) 曲線である (第 4 図)。この場合、肺気量は呼吸開始とともに減少して最後には残気量に達することになる。経過中に、肺気量がある程度以下になると、それに対応する速度は努力とは無関係に定まっているものと考えられている (effort-independent)^{11,12,18)} 肺気量がまだ高いところで達せられる peak flow は effort dependent で呼吸筋と関係がある。一種の努力性呼吸である咳やくしゃ

第 8 図 咳の曲線

第 9 図 くしゃみの曲線

みに対しても、同じ方法でFV曲線をつくることができる。図8, 9は咳とくしゃみのFV曲線を、それぞれ平均値を計算して描いたものである。くしゃみでは圧縮期にVBOXの変化が特に強く起っていることが分る。Maximum FV曲線では、ある程度以下の肺気量になると、流速はeffort independentに定まったものであるから、咳やくしゃみもこの肺気量範囲内で起れば、その曲線はMaximum FV曲線と密接な関係を持つ筈である。流量にはVATPSを用いて3つのFV曲線を重ね合せたものを図10に示す。peak flowは圧縮の状態から爆発的な呼気が起って達せられる値であるから一過性のものである。この時期を過ぎると3者ともほぼ一致して、咳の場合もくしゃみの場合も気道の動態は、一般の努力性呼気の時と同様に変化することを示している。言い換えれば肺活量の80%以下の肺気量で連続的に出し得る呼気速度は、咳でもくしゃみでも、Maximum FV曲線の下行脚に相当する速度となるということである。呼吸筋の反射性収縮によつて胸腔内圧がいかに高められても、それは

第10図 FV 曲線相互の比較

呼気速度を増す力とはならず、等圧点 (equal pressure point, EPP) より下流の気道を狭くするばかりに働くのである¹¹⁾。咳やくしゃみでより大きな速度を得るためには、先行する吸気によつてより大きな肺気量を準備することが必要なのである。くしゃみには先行する吸気を伴わない場合がある (図11)。吸気による準備がないの

第11図 吸入期のないくしゃみ

第12図 圧縮期に空気の洩れが激しくくしゃみ

で呼気が開始される時の肺気量も小さく、一時的な流速の立ち上りはあつてもすぐ低くなつて、呼出される量も少なくなっている。

咳の場合にも圧縮期に小さな flow のあることはすでに柳原らも指摘しており、これは不完全な声門閉鎖から逃れ去る空気のためだと言っている⁹⁾。くしゃみでは一般に圧縮期に逃れ去る空気の量が大きい。図12はこれが著しい例で、吸入期の次に呼気が始まっているが、呼気を完全に阻止できないまま peak に達している。狭い間隙から流れ出たために流速曲線は振動を伴っていることが認められる。圧縮期と呼出期との境界ははつきりしない。

咳とくしゃみとでは何故圧縮期の流れに差を生ずるのだろうか。一つには気道閉鎖の状態に差がある可能性がある。Burkart によると、くしゃみの場合にも声門閉鎖が先ず起るといふ。木村¹⁴⁾、国武¹⁵⁾によると、咳の時に外喉頭筋からも筋電図上放電がみられるという。また反

射性喉頭閉鎖時にも外喉頭筋からの放電があることが示されている¹⁶⁾。咳やくしゃみ反射の遠心路は、呼吸筋を収縮させる脊髄神経ばかりではなく、声門の閉鎖に直接関係する反回神経や、外喉頭筋を支配するその他の脳神経も関与していることは明らかである。何故ならば胸郭外での気道の一時的閉鎖が、爆発的呼気の前段階として必要であることは間違いないからである。この閉鎖機構が声門だけで行なわれるのではなく、外喉頭筋や咽頭筋なども関与しているものとすれば、関与の仕方に咳とくしゃみとでは差があり、くしゃみでは圧縮期により多くの空気が洩れ出てくるのかも知れない。

圧縮期の気道閉鎖の状態を知るために、口には mouth piece をくわえさせ、その上からマスクをつけて、口からの呼気は mouth piece を経て、鼻からの呼気はマスクを経て出るような装置を作つて両者の同時記録を行なつた(図13)。圧縮期の空気の洩れはすべて口からである。Burkart の述べるように、軟口蓋の挙上などで鼻腔との

第13図 鼻と口からの呼気の同時記録(くしゃみ)

第14図 鼻と口からの呼気の同時記録(咳)

交通はこの時期には全く絶たれていることが示されている。この時期の呼吸は peak を示してから再び低くなり、次の呼出期には気道は開放されて、呼吸は口からも鼻からも記録されている。鼻から吐き出される空気のと口からのそれとの比率は一定でなく、ほぼ同量のことも、口から吐き出される量の方が遙かに多いこともあった。咳の呼出期にも空気は口からのみ吐き出されるのではなく、一部は鼻腔を通過している(図14)。経鼻腔の空気量は一般にくしゃみの時より少く、口からの量の20%以下のことが多かった。これらのことから、咳の場合でもくしゃみの場合でも、呼出期には気道は鼻腔・口腔を含めて開放された状態になっていると考えられる。

くしゃみの時には鼻腔の閉鎖は確かに起っているけれども、そこだけが気道の閉鎖個所で、胸腔内圧を高める働きを果しているとは思われない。軟口蓋より下部のどこかで閉鎖が起っていて、その間隙を通過してきた空気が mouthpiece を経て記録された曲線であり、圧縮期の VATPS の変化なのである。Tomori の研究で⁹⁾、気管内圧は咳でもくしゃみでも上昇しているから、軟口蓋以下の部分での閉鎖は、くしゃみの時にもやはり声門であるように思われる。胸腔内圧はくしゃみの時の方が高く、したがって気管内圧も高くなるから、声門部の閉鎖は咳の時には耐えられるけれども、くしゃみでは圧縮期の洩れが大きくなるという全く受動的に起った現象である可能性も否定できない。しかし、声門の閉鎖は内喉頭筋の働きばかりではなく、外喉頭筋によって補強されている面があることを考えると、更に一步進めて、胸郭外の気道を形成している種々の構造が、咳やくしゃみの時にどんな変化を示すかを知ることが、これらの防禦反射の機構を解明する上で重要なこととなる。

くしゃみの時には胸郭内に咳よりも強い圧縮が起っている。胸郭内圧縮は Jackson のいう “tussive squeeze” で、末梢気道からの分泌液排除には欠くべからざるものである¹⁷⁾。くしゃみの時に起る圧縮も同じ意味を持つものと考えられる。鼻腔は確かに濾過装置として重要な役割をもち、鼻腔への刺激がくしゃみを起すものではあるが、鼻腔の濾過網をくぐって下気道にまで異物の一部が侵入していることはあり得る。刺激を感受する場所が鼻腔であつても、異物やその刺激による分泌液を排除するのは気道全体からという場合も実際には多いのであろう。

くしゃみはそれを気体動力学的に記録した場合、各人に特有なパターンがある。少なくとも今回のヒスタミン刺

激に対しては各人特有のパターンで反応した。くしゃみと咳とが非常に似ている例もあるし、圧縮高度で空気の洩れが著しいこともある。また吸入期を欠くくしゃみで、一見弱そうに感じられるものもある。肺気量が小さい場合には EPP はより末梢に位置するから、より小さな気道にまで dynamic compression が起るようになると述べられている¹¹⁾。吸入期を欠いたくしゃみが連続的に起る際には、肺気量はますます減少して EPP は末梢へと移動し、下気道呼吸の線速度を高めることとなる。一見弱そうに見えるこんなくしゃみでも末梢気道からの異物や分泌液の排除には最も適しているのかも知れない。どんな形のくしゃみでも生体反応という点から見れば、気道全体からの異物排除の機構であることを示すものである。そしてこのような意味では、咳もくしゃみも同じような役割を果しているものであろう。

V ま と め

Body plethysmograph を用いて、12名の被検者に、最大努力性呼吸、咳、くしゃみの記録を行なった。咳とくしゃみとでは、測定値の上では有意差を示すものがあり、それから判断すると、くしゃみの方が強い異物排除反応ということになる。しかしそれは測定値上に現われた量的な差で、質的な差とは考えられない面が多い。咳やくしゃみのような特殊な呼吸も、FV 曲線の比較を行なうと、Maximum FV 曲線に代表される気道の動力学的に支配されていることが分る。先行する吸気が咳やくしゃみの大きさと密接に関係しているし、各人の Maximum FV 曲線から各人の咳やくしゃみの大きさを予想することもできる。くしゃみは各人によつて大体のパターンが決っている。peak flow や呼出量などの大きさは一回毎に多少異つても、吸入期の欠如、圧縮期の洩れなど、パターンの特徴は同種刺激に対してはあまり変ることはない。咳でもくしゃみでも、吸入期と呼出期との間に呼吸阻止をうける時期があり、この時期に胸郭内での圧縮が起っている。これには胸郭外気道の閉鎖が必須条件であつて、咽喉科学的な解釈や研究の必要性を強く示唆するものである。Jackson が “tussive squeeze” と述べたように、この胸郭内圧縮もまた異物排除の一環だと見なせば、くしゃみは鼻から、咳は咽頭や下気道からと分れているものではなく、両者ともに気道全体から異物を排除する生体の防禦機構と考えるべきである。

参考文献

- 1) Loudon, R.G.: Cough in health and disease. Aspen Emphysema Conf., 10; 41, 1967.

- 2) 佐竹辰夫他：咳と痰の病態生理と臨床。日本医師会雑誌，68；445，1972.
 - 3) 海野徳二：Body plethysmograph による咳嗽時圧縮の観察。気食会報，25；1，1974.
 - 4) *Brubaker, A.P.*: The physiology of sneezing. J. Amer. Med. Assoc., 73；585，1919.
 - 5) *Burkart, F.*: Zur Mechanismus des Niesreflexes. Helv. Physiol. Acta, 18；482，1960.
 - 6) *Widdicombe, J.G.*: Respiratory reflexes. Handbook of physiology Section 3 respiration Vol. 1 p. 585 American Physiological Society, 1964.
 - 7) 角忠明：呼吸反射。生理学大系Ⅱ血液・呼吸の生理学，p 773，医学書院，1968年.
 - 8) *Yanagihara, N. et al.*: The physical parameters of cough: The larynx in a normal single cough. Acta otolaryng., 61；495，1966.
 - 9) *Tomori, Z.*: Pleural, tracheal and abdominal pressure variations in defensive and pathologic reflexes of the respiratory tract. Physiol. bohemoslovenica, 14；84，1965.
 - 10) *Tomori, Z. et al.*: Muscular, bronchomotor and cardiovascular reflexes elicited by mechanical stimulation of the respiratory tract. J. Physiol., 200；25，1969.
 - 11) *Mead, J. et al.*: Significance of the relationship between lung recoil and maximum expiratory flow. J. Appl. Physiol., 22；95，1967.
 - 12) *Takishima, T. et al.*: Flow-volume curves during quiet breathing, maximum voluntary ventilation, and forced vital capacities in patients with obstructive lung disease. Scand. J. Resp. Dis., 48；384，1967.
 - 13) *Van de Woestijne, K.P. et al.*: The maximum flow-volume curve: Peak flow and effort independent portion. Airway dynamics p. 61 C.C. Thomas, 1970.
 - 14) 木村直正：外喉頭筋の筋電図学的研究。耳鼻臨，54；481，1961.
 - 15) 国武博道：外喉頭筋の機能に関する筋電図学的研究。日耳鼻，74；1155，1971.
 - 16) 村上泰：反射性喉頭閉鎖に対する外喉頭筋の役割。気食会報，22；128，1971.
 - 17) *Jackson, C. et al.*: Peroral pulmonary drainage. Natural and therapeutic, with especial reference to the "tussive squeeze". Am. J. Med. Sci., 186；849，1933.
-
- 奥田教授の御校閲を感謝する。
-
- (原稿受付 昭和49. 6. 22日)
-