鼻呼吸時クロージングボリューム

*大 越 俊 夫

Study on the Relationship between Nasal Breathing and Closing Volume

Toshio Okoshi, M.D.

Department of Otorhinolaryngology, Toho University School of Medicine, Tokyo

This study was done in order to determine how nasal obstruction, which can be regarded as a kind of upper airway stenosis, affects closing volume (CV).

Closing volume, measured with oral and nasal respiration, was compared in thirty-two adult patients. In addition, the percent vital capacity (% VC), percent forced expiratory volume (% FEV_{1.0}), and flow-volume curves were compared.

The results were as follows:

- 1) When measured by means of oral and nasal respiration there was no significant difference in CV between the normal subjects group and nasal obstruction group.
- 2) When measured by means of nasal respiratory resistance (Rr), peak flow (PF), maximal expiratory flow at 75 percent (V₇₅) and 50 percent (V₅₀) showed a significant difference between the normal subjects group and nasal obstruction group. No significant was difference found, however, at 25 percent (V₂₅).

I 結 言

換気機能検査の進歩に伴い上気道と下気道との間の相互関係の分析が可能になってきた。われわれは前回までに呼吸抵抗、スパイロメトリー¹⁾、フローボリューム曲線²⁾について検討を行ない、これらの検査方法に上気道狭窄が種々の影響を及ぼすことを報告してきた。今回は、末梢気道閉塞状態を鋭敏に検出するといわれているクロージングボリューム検査において、上気道狭窄状態の一種とみなし得る鼻呼吸がどのような影響を及ぼすかを検討した。

II 研究方法

1 対象

検査対象は18歳から30歳までの平均年齢、21.7歳、平均身長161.8cmの成人32名（男子16名、女子16名）であり、全例に特記すべきアレルギー性呼吸器疾患、心疾患、肺疾患、肝疾患

などは認められなかった。また、鼻腔抵抗を測定し得た17名を鼻腔抵抗値により、3.0cm H₂O/l/sec未満の正常群7例と3.0cm H₂O/l/sec以上の鼻閉塞群10例に分けて検討を行なった。各々の群の平均年齢、平均身長は正常群22.7歳、165.3cm、鼻閉塞群21.8歳、159.8cmであった。

2 測定器械および測定方法

(1)呼吸抵抗 (Rr)

測定には前回と同じく可変型の呼吸抵抗計（日本光電製MRP6型）を使用し、坐位安静呼吸にて測定した。

(2)鼻腔抵抗 (Rn)

鼻腔抵抗測定には呼吸抵抗測定時に使用したのと同じ可変型呼吸抵抗計を用いた。すなわち鼻腔抵抗測定時にはPneumotachometer部分をオキシレーション装置より脱却して従来のPneumotachometerにより鼻腔抵抗測定と全く同じように使用した。測定方法はPosterior-Methodに行なった。

*東邦大学医学部耳鼻咽喉科学教室

(3)スパイロメトリーおよびフロー・ボリューム曲線 (F-V 曲線)

口呼吸時および鼻呼吸時の%肺活量(%VC), 1秒率(%FEV₁₀), 最大呼吸速度(PFまたは $\dot{V}_{max.}$)およびFV曲線上の75%肺活量時の流速($\dot{V}_{75}$), 50%時の流速($\dot{V}_{50}$), 25%時の流速($\dot{V}_{25}$)などの測定にはミナト医科学 Autospirometer AS 2300を用い, 立位努力性呼吸時に測定した。

(4)クロージングボリューム検査 (CV検査)

CVの測定には Bolus 法と resident gas 法がある。bolus 法は残気量位にて He, Ar, ¹³³Xe, SF₆ などの不活性ガスを吸入し, 次いで air を全肺気量位まで吸入, これを残気量位まで呼出するに当たり, 呼気量をX軸, 指示ガス濃度をY軸としてX-Yレコーダあるいはオシロスコープ上に記録させるものである。一方 resident gas 法では通常 N₂ が指示ガスに用いられる。測定機械はミナト医科学製 Autospirometer NA-850 を用い, 口呼吸時および鼻呼吸時に測定を行なった。測定方法は被検者を坐位にしてオートスパイロメータを通して最大呼気位まで呼出させた後, 次いでゆっくりと, (0.3L/sec 前後) 最大吸気位まで純酸素を吸入させ, さらにゆっくりとほぼ同じ要領で最大呼気位まで呼出させる方である。残気量位では上部肺と下部肺でそれぞれの残気量が異なっている (すなわち窒素量は上部肺に多く, 下部肺に少ない)。このような状態で全肺気量位まで純酸素を吸いこませると肺局所の窒素濃度差が形成されるということを利用したものである³⁾。

Ⅲ 成 績

全32例中, 口呼吸時および鼻呼吸時に呼吸終末で窒素濃度が急激に上昇するCV現象すなわち第4相の出現しなかった例は20例であり, 他の12例にCVの出現をみた。しかし, 12例とも Buist and Ros による N₂ resident gas 法の

標準値⁴⁾の範囲内であり異常値ではなかった。CVの出現した12例について口呼吸時と鼻呼吸時のCVの比較を行なった。各々の変化は図1のごとくであり, 太線は各々の平均値である。CVが鼻呼吸時に増加したもの4例, 減少したもの7例, 変化しなかったもの1例であり, 平均値では有意の差は認めなかった。次に鼻閉塞の影響をみるために全32例中鼻腔抵抗を測定し得た17例につき, 全鼻腔抵抗値3.0cm H₂O/l/sec 未満の正常群7例と3.0cm H₂O/l/sec 以上の鼻閉塞群10例に分けCVの変化を検討し

図1 口呼吸時と鼻呼吸時におけるCV変化(全症例)

図2 口呼吸時と鼻呼吸時におけるCVの変化 (正常群と鼻閉塞群)

表 1 口呼吸時と鼻呼吸時における各パラメータの平均値と標準偏差

口呼吸時										n = 32	
	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	Rr ($\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$)	% VC (%)	% FEV (%)	$\dot{V}_{\text{max}}$ (l/sec)	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$		
Mean	21.7	161.8	2.53	99.1	90.5	7.42	7.05	4.70	2.30		
± S.D.	2.61	7.93	0.85	12.9	4.61	1.92	1.81	1.10	0.57		

鼻呼吸時											
	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	Rr ($\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$)	% VC (%)	% FEV (%)	$\dot{V}_{\text{max}}$ (l/sec)	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$		
Mean			5.61	94.3	78.6	3.87	3.59	3.15	2.10		
± S.D.			1.89	12.8	12.4	1.40	1.33	1.13	0.63		

表 2 口呼吸時と鼻呼吸時の各パラメータの有意差の検定

										n = 32	
	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	Rr ($\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$)	% VC (%)	% FEV (%)	$\dot{V}_{\text{max}}$ (l/sec)	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$		
口呼吸時	21.7	161.8	2.53	99.1	90.5	7.42	7.05	4.70	2.30		
鼻呼吸時			5.61	94.3	78.6	3.87	3.59	3.15	2.10		
P			<0.001	NS	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	NS		

表 3 正常群における口呼吸時と鼻呼吸時の比較

口呼吸時										n = 7	
	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	Rr ($\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$)	% VC (%)	% FEV (%)	$\dot{V}_{\text{max}}$ (l/sec)	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$		
Mean	22.7	165.3	2.34	106.7	87.7	7.89	7.52	4.33	2.16		
± S.D.	3.55	7.91	0.62	15.3	4.23	2.16	1.91	0.95	0.57		

鼻呼吸時											
	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	Rr ($\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$)	% VC (%)	% FEV (%)	$\dot{V}_{\text{max}}$ (l/sec)	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$		
Mean			4.13	102.4	86.1	5.38	5.04	4.13	2.32		
± S.D.			1.45	17.2	6.07	1.45	1.31	1.01	0.52		

口呼吸時と鼻呼吸時の比較											
P			<0.05	NS	NS	<0.05	<0.05	NS	NS		

表 4 鼻閉塞群における口呼吸時と鼻呼吸時の比較

口呼吸時

n = 10

	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	Rr (cm H ₂ O/ l/sec)	% VC (%)	% FEV (%)	$\dot{V}_{max}$ (l/sec)	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$
Mean	21.8	159.8	2.73	97.2	92.3	6.94	6.62	4.75	2.39
± S.D.	2.10	6.89	0.76	12.0	4.11	1.68	1.67	1.13	0.65

鼻呼吸時

Mean			6.95	94.0	75.0	3.21	3.03	2.17	1.90
± S.D.			1.92	10.7	9.73	0.99	1.02	0.98	0.56

口呼吸時と鼻呼吸時の比較

P			<0.001	N S	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	N S
---	--	--	--------	-----	--------	--------	--------	--------	-----

た。

正常群 (図 2, 上段) では CV の出現しなかったもの 3 例, 鼻呼吸時に増加したもの 1 例, 減少したもの 3 例であった。鼻閉塞群 (図 2, 下段) では CV の出現しなかったもの 6 例, 増加 2 例, 減少 1 例, 不変 1 例であった。

次に同時に測定した呼吸抵抗, スパイロメトリー, F-V 曲線について検討した。

表 1 は全 32 例における各パラメータの平均値である。CV と同様に口呼吸時と鼻呼吸時の比較を行なってみると, 呼吸抵抗, 1 秒率, F-V 曲線上の $\dot{V}_{max}$, $\dot{V}_{75}$, $\dot{V}_{50}$ にて有意差 (P < 0.001) を認めた。しかし $\dot{V}_{25}$ には有意差を認めなかった (表 2)。また正常群と鼻閉塞群に分け, それぞれにおける口呼吸時と鼻呼吸時の比較を行なってみると, 正常群では呼吸抵抗, $\dot{V}_{max}$, $\dot{V}_{75}$ に有意差 (P < 0.05) を認め, 鼻閉塞群にてはさらに 1 秒率, $\dot{V}_{50}$ にまでも有意差 (P < 0.001) を認めた。しかし両群とも $\dot{V}_{25}$ には有意差を認めなかった。図 3 は鼻腔抵抗 2.6cm H₂O/l/sec の正常群に属する例の換気機能検査成績である。口呼吸時と鼻呼吸時の呼吸抵抗はおおの 2.0cm H₂O/l/sec と 5.0cm H₂O/l/sec であった。% VC は口呼吸時と鼻呼吸時では大差なく, CV はともに 0 % であった。口呼吸時の F-V 曲線は正常パターンをともにしているが, 鼻呼吸時においては PF の低下とそれにつづく effort dependent 部分の特

徴的なプラトーの形成がみられ, $\dot{V}_{50}$ の時点で口呼吸時の F-V 曲線と一致した。図 4 は鼻腔抵抗 40cm H₂O/l/sec の鼻閉塞群に属する症例である。% VC は口呼吸時と鼻呼吸時では差がなく, また CV もともに 12.5 % であった。F-V 曲線は正常群の場合よりも平低下が著明であり, 口呼吸時と鼻呼吸時のループの一致は $\dot{V}_{25}$ の時点まで延長していた。

IV 考 按

近年, 気道閉塞状態を客観的にとらえようとする試みが諸家によって行なわれ, 種々の検査法が行なわれている。今回, われわれは末梢気道の閉塞がどの程度存在するかを簡単に知ることができ, しかも肺容量との関係で数量的に表わせるといわれているクロージングボリュームに鼻閉塞がどのような影響を及ぼすかを検討した。

1967 年 Dollfuss⁵⁾ 1968 年 Holland⁶⁾ は ¹³³Xe Bolus の単一呼気濃度で ¹³³Xe の濃度が急激に上昇してくる部分のあることを認め, この肺気量を closing volume (CV) と名付けた。Dollfuss らは残気量位 (RV) から全肺気量位 (TLC) 近くの高肺気量位に至る間の種々の肺気量位において 1 ml の ¹³³Xe を注入した後, TLC まで空気を吸入させ, ゆっくり呼出を行なった際の呼気中の ¹³³Xe 濃度の変化を検討した。縦軸 (Y 軸) に口元での ¹³³Xe 濃度を取り, 横

PULMONARY FUNCTION REPORT

NAME: 佐 ○ 行 ○

SEX: M

CHART NO.

DATE:

AGE: 21

Ht: 168cm Wt: 58kg

Flow-Volume Loop:

I $\dot{V}_{75}=8.45$ l/sec
 $\dot{V}_{50}=4.80$ "
 $\dot{V}_{25}=2.70$ "

II $\dot{V}_{75}=5.00$ l/sec
 $\dot{V}_{50}=4.90$ "
 $\dot{V}_{25}=2.80$ "

Spirometric data:

	I	II
VC:		
VCpred:	4.30	
% VC:	106.0	104.4
FVC:	4.60	4.50
FEV:	4.10	3.87
FEV ₁₀ %:	89	86
PEF:	9.25	5.05

Air flow resistance (cm H₂O/l/sec):

through Mouth		through Nose	
I	II	I	II
Ra.:		Rn.:	2.6
Rp.:			
Rr.:	2.0		5.0
Compliance (l/cm H ₂ O):			
Specific compliance:			
FRC (ml)			

Closing volume: $\frac{CV}{VC}\%$ = 0 0

図3 正 常 例

PULMONARY FUNCTION REPORT

NAME: 鈴 ○ 純 ○

SEX: F

CHART NO.

DATE:

AGE: 21

Ht: 151cm Wt: 44kg

Flow-Volume Loop:

I $\dot{V}_{75}=5.85$ l/sec
 $\dot{V}_{50}=5.30$ "
 $\dot{V}_{25}=2.55$ "

II $\dot{V}_{75}=2.70$ l/sec
 $\dot{V}_{50}=2.70$ "
 $\dot{V}_{25}=2.40$ "

Spirometric data:

	I	II
VC:		
VCpred:	2.32	
% VC:	122	117
FVC:	2.85	2.72
FEV:	2.75	2.40
FEV ₁₀ %:	96	88
PEF:	6.00	2.80

Air flow resistance (cm H₂O/l/sec)

through Mouth		through Nose	
I	II	I	II
Ra.:		Rn.:	4.0
Rp.:			
Rr.:	2.8		6.0
Compliance (l/cm H ₂ O):			
Specific compliance:			
FRC (ml):			

Closing volume: $\frac{CV}{VC}\%$ = 12.5 12.5

図4 鼻・閉塞症例

軸 (X軸) に呼出肺気量をとって両者の関係をみると図5のごとくなる (Xe 単一呼出曲線)。この曲線は3カ所で濃度が急激に変化している。Dollfuss らはその各部を第1相 (Phase I) ~ 第4相 (Phase IV) と命名した。第1相は呼気開始後0.1~0.2 l を呼出した時期のもので¹³³Xe は含まれず、器具および大気道の死腔ガスよりなっている。第2相は¹³³Xe が急激に上昇してくる部分で第1相後の0.1~0.2 l の呼気よりなる。ここでは死腔ガスと肺胞ガスが入りまじり、後者がしだいに増してくる部分である。第3相はその後につづく肺活量 (VC) 70~80%にわたってみられる徐々に上昇するプラトーの部分である。いわゆる alveolar Pletteau と呼ばれるもので、これに重なって心搏動に一致した周期性の搏動波がみられる。この波を Cardiogenic oscillation という。さらに呼期終末に近づくにつれてプラトーが急激に上昇し Cardiogenic oscillation が消失する。このような終末部の変化を第4相と名付けた。

現在では CV は第4相のはじめから RV までの肺活量を指して CV+RV は closing capacity (CC) と呼ばれている。

CV が出現するということは呼気中の N₂ ガス濃度が呼気終末の近くで急に上昇するということを示しているが、これはある程度以上に呼出させると下部肺に気道閉塞がおり、それ以上の肺気量の減少がおこらなくなるため、それ以後は上の方の肺からだけ呼出が行なわれることによる。つまり肺低部より気道の閉塞がおこるので、下部肺に気道閉塞がおこると低肺気量位で呼気の大部分が急に窒素ガス濃度の高い上部肺からのものにかわることを示すものである⁷⁾。

今回の研究にて CV の出現した例は32例中12例であり、20例においては口呼吸時、鼻呼吸時

縦軸は xenon 濃度を横軸は呼出肺気量を示す。呼気終末に急激な濃度上昇を呈する第4相がみられる。記録にみられる基線の動揺は放射能カウントのバラツキによる人為的なものである。(Dollfuss 他⁵⁾)

図5

CVのトレーシングの1例と分析法を示したもの (Buist 他⁴⁾)

図6 クロージングボリューム (CV) とクロージングキャパシティー (CC) 測定法

ともに、CV の出現はみなかった。CV の出現した12例では鼻呼吸時に増加したものも減少したものも有り、とくに一定した傾向は認められなかった。また、鼻閉塞の程度により正常群、鼻閉塞群に分け、各々の CV を比較したが、この場合にも CV にとくに変化はなかった。よって口呼吸時でも鼻呼吸時でも、また鼻閉の有無に関係なく、CV 出現には変化がないものと思われた。

次に CV の著明に変化した例を検討してみる

と下記の問題点があった。

① $CV = VC/cv\%$ として表現するので口呼吸時と鼻呼吸時の VC が著しく差がある場合には CV の値も当然著しく異なってくる。われわれの前の報告にもあるように、両側性の強度の鼻閉でないかぎり、口呼吸時でも鼻呼吸時でも VC には大差がないはずなので、今回は VC が両者の間に 10% 以上の差がある症例は除外した。

② 鼻閉が両側性であり、かつ強度の場合には十分な呼吸が行なえず、鼻呼吸時の CV 測定が困難な場合がある。

③ CV 曲線の第 3 相より第 4 相への移行部が明瞭でないため CV の計測困難な症例があった。この場合呼出速度が問題と思われた。

④ 測定時の実際上の問題点としては、鼻呼吸の際に使用する顔面マスクよりの呼気のもれがあると CV 曲線の終末部分が描記されてこないもので、この点にも十分な注意を要するものと思われる。

なお、CV に影響を及ぼす因子としては諸家により種々の因子が挙げられている。

① 個人的因子

年齢⁸⁾⁹⁾, 喫煙¹⁰⁾, 肥満¹¹⁾, 妊娠など

② 測定法の因子

指示ガスの種類, 体位, 呼吸速度, 吸気速度など

また、CV の増加する疾患としては慢性気管支炎、肺気腫、肺線維症などの small airway disease を生じる肺疾患や左心不全、肝硬変症などがある。なお、H.D 鼻アレルギー患者においてもクロージングボリュームが増加するといわれている⁷⁾。

われわれは鼻閉塞が種々の換気機能検査に及ぼす影響を検討してきたが、スパイロメトリーや F-V 曲線、呼吸抵抗などの検査法では少なからず上気道狭窄の影響を受けるものである。これに対して、CV 検査法は上気道狭窄の影響を受けない検査法であるということが実証された。最近、下気道の閉塞性疾患に対する換気力学的検査や換気機能検査成績によるパターン化が進んできているが、上気道狭窄に対するパターン化がなおまだ一般的には確立されていない。現在、上気道狭窄の影響を受けない CV 検査は閉塞性気道病変の部位診断や末梢気道部の病変

の程度を知る上で有用な検査法である。

V 結 語

成人被検者 32 名について窒素レジデント・ガス法により口呼吸時および鼻呼吸時における CV を測定し比較検討した。また、17 名については鼻腔抵抗 $3.0 \text{ cm H}_2\text{O/l/sec}$ を基準にして正常群と鼻閉塞群の 2 群に分け比較検討した。その結果

① 口呼吸時、鼻呼吸時の両方において鼻閉塞の有無にかかわらず CV は有意の差を認めなかった。

② CV 検査法は上気道狭窄の影響を受けない末梢気道の状態のみを表わす検査法である。

稿を終るに臨み直接御指導を受けた白井信郎助教授に深謝いたします。

本研究の一部は昭和 53 年度文部省科学研究費奨励研究の援助を受けた。記して謝意を表す。本論文の要旨は第 30 回日本気管食道科学会総会にて発表した。

参 考 文 献

- 1) 大越俊夫: 鼻閉塞と換気機能, 耳鼻展, 20 (補 3): 115-121, 1977.
- 2) 大越俊夫: 鼻閉塞とフロー・ボリューム曲線, 耳鼻展, 21 (補 3): 45-53, 1978.
- 3) 佐々木孝夫: Closing volume, 呼と循, 22: 724-730, 1974.
- 4) Buist, A.S. and Ross, B.B.: Predicted values for closing volume using a modified single breath nitrogen test. Am. Rev. Resp. Dis., 107: 744-752, 1973.
- 5) Dollfuss, R.E. et al.: Regional ventilation of the lung studied with Doluses of ^{133}Xe . Resp. Physiol., 2: 234-246, 1967.
- 6) Holland, J. et al.: Regional distribution of pulmonary ventilation and perfusion in elderly subjects. J. clin. Invest., 47: 81-92, 1968.
- 7) 白井信郎: HD. 鼻アレルギーのクロージングボリューム, 耳鼻展, 21 (補 3): 191-200, 1978.
- 8) Lebranc, P., Ruffu, F.: Effects of age and body position on "airway closure" in man. J. APPI Physiol., 28: 448-451, 1970.
- 9) Mansell, A., Bryan, C.: Airway closure in children. J. APPI, Physiol., 33: 711-714, 1972.
- 10) Hoppner, V.H., Cooper, D.M.: Relationship between elastic recoil and closing volume in smokers and nonsmokers. Am. Rev. Resp. Dis., 109: 81-86, 1974.
- 11) Collins, J.V.: Closing volume—a test of small airway function? Brit. J. Dis. Chest, 67: 1-18,

- 1973.
- 12) Green, M., Travis, D.M.: A simple measurement of phase IV using a critical orifice analyser. J. Appl. Physiol., 32 : 827-830, 1972.
- 13) Millite, B., Robertson, P.C.: Effect of expiratory flow rate on emptying of the regions. J. Appl. Physiol., 27 : 587-581, 1969.
- 14) Robertson, P.C., Anthoniesen, N.R.: Effect

of inspiratory flow rate on regional distribution of inspired gas. J. Appl. Physiol., 26 : 438-443, 1969.

(別刷請求 : 〒143 東京都大田区大森西6-11-1
東邦大学医学部耳鼻咽喉科学教室
大越 俊夫)

(投稿受付 1980年3月17日)