

# 上・下気道の気流動態 —エアロゾルの立場から—

## 鼻と下気道

### —エアロゾル粒子の気道内沈着—

東邦大学大橋病院耳鼻咽喉科学研究室

大越 俊夫, 白井 信郎

#### はじめに

今回我々は目的部位を鼻腔としジェットネブライザーをもちい経鼻的にエアロゾル吸入した場合、呼吸方法、鼻腔内病変によりエアロゾル粒子の気道内分布がどのように変化するかを検討したので報告する。

#### 対象

次の3群にわけた。

##### (1) 正常人安静呼吸群

正常成人3名にたいし吸気は鼻より2秒間、呼気は口より2秒間と指示シメトロノームにあわせて呼吸をおこなわせた。

##### (2) 正常人深呼吸群

正常成人3名にたいし吸気5秒、呼気5秒で(1)と同様におこなった。

##### (3) 副鼻腔炎安静呼吸群

鼻腔内に polyp を有する成人副鼻腔炎患者4名に対し(1)と同様におこなった。

#### 実験方法

##### (1) 鼻呼吸抵抗測定

全症例に対し通常の耳鼻科診察後チェスト社製ライノグラフをもちいて両側鼻呼吸抵抗を測定した。

##### (2) 吸入薬剤および使用アイソトープ

フチン酸テクネシウム注射液(1 mCi/ml) 2 ml で人免疫加グロブリン製剤1/2バイアルを溶解し、1回量として使用した。

##### (3) ネブライザー

永島製ジェットネブライザーをもちい1回2 mlでおこなった。コンプレッサーは松井製をもちい圧力1.0 kg/cmとした。

##### (4) 吸入回路

実験模式図

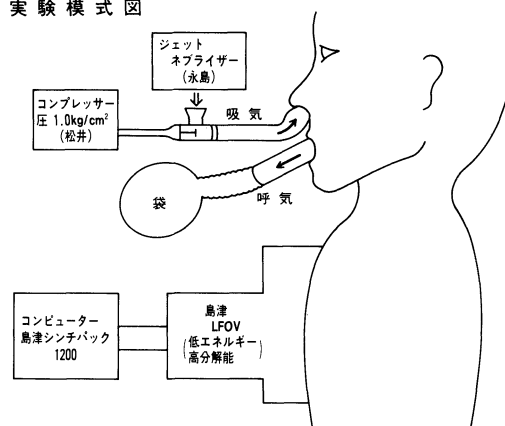


図-1 回路

ネブライザーより経鼻的に吸入した呼気は口にくわえたマウスピースよりビニールバッグに回収した。

##### (5) シンチカメラ

島津社製 LFOV をもちい、コリメーターは低エネルギー用高分解能平行コリメーターを使用し撮像、MTテープに収録した。

##### (6) 解析方法

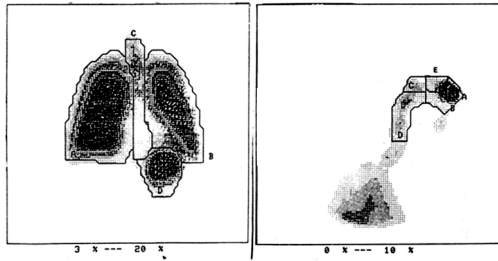
島津社製シンチパック 1200 をもちいた。

①吸入前ネブライザー容器カウントを全投与量とした。

②吸入後容器、呼気、唾液、顔面側面、胸腹部のカウントの総和を投与後カウントとした。

③人体気道内分布をみるために顔面側面と胸腹部のシンチグラムを利用し9カ所の関心領域を任意に設定した。

鼻腔前半部、鼻腔後半部、口腔、上咽頭中・下咽頭、気管食道、右肺、左肺、胃の9カ所である。



Set ROI. after image combined and cut level used.

図一 2 関心領域

## 結 果

### 1. 気道内分布

人体への沈着量を投与前カウントで除し人体内分布とした。9カ所の部位に対する分布は各部位の沈着量を人体の全沈着量で除した。鼻腔および肺についてのべる。

### (1) 正常人安静呼吸群

全投与量の21.6%が人体でカウントされた。気道内の分布は鼻腔全体で51.5%（前半38.5%、後半13.0%）、肺16.8%（右肺9.6%、左肺7.2%）であった。

### (2) 正常人深呼吸群

人体のカウントは全投与量の17.5%であった。鼻腔51.1%（前半37.7%、後半14.2%）と安静呼吸群と同じであったが、肺は26.2%（右15.4%、左10.8%）と安静呼吸群より増加していた。

### (3) 副鼻腔炎安静呼吸群

人体の沈着量は全投与量の21.9%であった。鼻腔65.7%（前半47.8%、後半16.9%）と正常人安静呼吸群より増加していた。肺内は16.8%（右肺10.0%、左6.8%）と正常人安静呼吸群と同じであった。

表一 1 結 果

		正常人 安静呼吸群 (n=3)	正常人 深呼吸群 (n=3)	副鼻腔炎 安静呼吸群 (n=4)	
平均身長 (cm)		164.3	171.7	165.8	
平均体重 (kg)		55.7	70.0	59.8	
平均鼻呼吸抵抗 (cmH <sub>2</sub> O/l/sec)		4.2	4.4	7.4	
全投与量 (%)		100	100	100	
ネブ後容		50.2	50.8	49.4	
呼 気		7.1	6.1	6.1	
唾 液		11.3	4.0	4.2	
人体外計		68.6	60.0	59.7	
人	鼻	前 半	38.5	37.7	47.8
		後 半	13.0	14.2	16.9
	口 腔		2.6	4.3	3.6
	咽 頭	上	9.1	2.8	4.7
		中・下	5.0	5.0	4.7
	気管・食道		1.7	2.8	0.1
体	肺	右 肺	9.6	15.4	10.0
		左 肺	7.2	10.8	6.8
	胃		13.2	7.0	2.1
人 体 計		100 21.6	100 17.5	100 21.9	
ネブ後総量		90.2	78.3	81.9	

## 2. 呼 気

正常人安静呼吸群では全投与量の7.1%が呼気に検出された。正常人深呼吸群、副鼻腔炎安静呼吸群はともに6.1%であった。

## 3. 唾 液

吸入中に呼気を導くためのマウスピース周囲よりもれでてくるものである。

正常人安静呼吸群では11.3%と多く、正常人深呼吸群では4.0%、副鼻腔炎安静呼吸群は4.2%であった。

## 4. ネブライザー容器

吸入後のネブライザー容器カウントを吸入前の容器カウント（全投与量）で除した値をネブライザー容器内残留率とすると、容器内残留率は3群とも約50%であった。

## 考 察

気道内へのエアロゾルの沈着は粒子のおおきさによって沈着部位が異なることはよく知られており、口からゆっくりと呼吸を行なわせた場合、肺胞には2 $\mu$ 細気管支には10 $\mu$ 前後、上部気管支には10-20 $\mu$ 、上気道には40-50 $\mu$ 以上のものが沈着するといわれている。また経鼻的に吸入した場合には10 $\mu$ 以上の粒子はほとんど鼻腔に沈着するといわれている。

呼吸の仕方もエアロゾルの沈着に大きな影響を及ぼす。1回換気量を一定にして呼吸数を増すと肺に沈着する量は減り、呼吸数を一定にして1回換気量を増すと沈着量が増す。

すなわち、深くてゆっくりとした呼吸のほうが肺への沈着は多くなる。

そして、3番目は気道の狭窄や閉塞といった気道そのものの変化である。

今回、我々は鼻腔を目的とした場合の検討をおこなった。アイソトープを使用し分布を調べる場合、ネブライザー容器、唾液、呼気のカウントは実数のままでよいが、人体への沈着を考慮する場合には人体によるカウントの減衰を考慮しなければならない。減衰率は症例、部位により異なると思われる。よって今回は人体内分布

をみる場合は人体の総カウントで各部位のカウントで除し%表示した。尚、RIをもちいてエアロゾルの分布を検討する場合のもう一つの問題点は関心領域(ROI)の設定法であり、いかに解剖学的位置と一致させるかが大切である。

正常人における気道内分布は安静呼吸群、深呼吸群共に52%が鼻腔に分布していたが肺では安静呼吸群17%、深呼吸群26%と差を認めた。呼気、吸気各2秒の安静呼吸群と各5秒の深呼吸群ではその後の測定で、1回換気量は2~3倍であった。つまり流速はほぼ同じ程度であると考えられる。エアロゾル粒子の気道内沈着に働く力は①沈降、②慣性による衝突、③ブラウン運動、がある。鼻腔内や咽頭への沈着は沈降によるものと、粘膜への衝突による沈着であろう。これに関連する因子はエアロゾル粒子径と空気の流速である。そして、喉頭まできたエアロゾル粒子の肺内への沈着には呼吸法が大きな影響を及ぼすのであろう。唾液および胃におけるカウントが安静呼吸群で多いのは咽頭領域で呼吸の流れの呼気、吸気の変化によりエアロゾル粒子の多くが咽頭に沈着するためと考える。

つぎに、安静呼吸における正常人と副鼻腔炎患者群の比較では正常群52%に対し副鼻腔炎群65%であったが、これは鼻内気流の通り道に polyp という障害があるためであり、気道の変化と考える。

最後にネブライザーの容器内残留率について考察してみる。今回使用したネブライザーでは6分間吸入後RIカウントで約50%が容器内に残留していた。ネブライザーには最小液量があり、その量以下になると安定化した霧化は望めない。我々の使用したネブライザーの1分間の霧化量は約0.2 mlであり6分間ほぼ安定していた。

ネブライザー療法の場合、注射や内服と異なり吸入にもちいた薬剤のすべてが体内へ入るわけではないので、それをふまえた薬剤量の設定が必要であらう。