

7. 超音波ネブライザーの有用率

兵 昇 (京都市)

佐藤良暢 (神戸常盤短大)

高野 頌、奥田 聡 (同志社大)

<研究目的>

- 1) エアロゾル療法では、作用目的部位により最適粒径を使用すべきである。我々の入手し得る超音波ネブライザー (Neb.) での発生粒径は、人呼吸道各部に相当であろうか、
- 2) 誘導管の中に使用薬液の多量の貯溜を認めることが多い。導管の長さは妥当であろうか、或はない方が有用であろうか、
- 3) 鼻、咽、喉、副鼻腔、耳管、中耳等には使用時振動を加えるが、この振動が必要であることは既発表の通りであるが、又導管の長さは振動の一波長の $\frac{1}{4}$ が最適とする理由に従って、導管の長さバイブレーターの振動数との関係と、誘導管への薬液沈着の状況等より判断して現在採用されている100Hzの振動が適当であるかどうか、以上の3点の解決を研究目的とした。

<実験方法、結果及び考案>

- 1) エアロゾル粒子は既発表の研究成績を総合すると、鼻、咽、喉、には $10\sim 15\mu\text{m}$ 、副鼻腔、耳管、中耳等の閉鎖腔には $7\mu\text{m}$ を中心とした $3\sim 10\mu\text{m}$ 、下気道には $1\sim 10\mu\text{m}$ が最適と考えられている。現在市販の西ドイツ、カール、ハイア社の2.7MHzのUDV、立石電機の1.7MHzのオムロンNe-U-10、日本光電の1.3MHzのネブロンTUR3000等が発生する平均粒子径は $6\mu\text{m}$ 以下 (図表2) で、鼻、咽、喉等には小さすぎる。

| Frequency | \bar{D}_p (μm) | S.D. | Geom.S.D. | Gener. Name |
|-----------|-------------------------------|------|-----------|------------------|
| 760 K.HZ | 9.39 | 4.75 | 1.51 | Nebron |
| 1.32 M.HZ | 5.80 | 2.32 | 1.40 | |
| 1.40 M.HZ | 6.89 | 5.46 | 1.79 | |
| 1.70 M.HZ | 5.40 | 2.11 | 1.39 | Omron Ne-U-10 |
| 2.10 M.HZ | 4.74 | 2.80 | 1.59 | |
| 2.70 M.HZ | 4.00 | 1.52 | 1.38 | UDV |
| 2.80 M.HZ | 4.12 | 3.84 | 1.93 | |
| 3.20 M.HZ | 3.60 | 1.50 | 1.42 | |

Fig. 2 Particle Size, S.D. and Geom.S.D. of Aerosol by use of Ultrasonic Generators.

平均粒子径が $10\mu\text{m}$ 以上であるジェット、ネビュライザーの方が適当である。超音波Neb. 発生の際の粒径はその振動板の振動数の関数であることはLang 等がすでに発表しているが、上に述べた3種その他、760K、1.4M、2.1Mヘルツの3種類の振動数より得られた数値（図表2）より図表1の如きLangの式の確認と常数 $K=0.60$ の直線関係を得た。

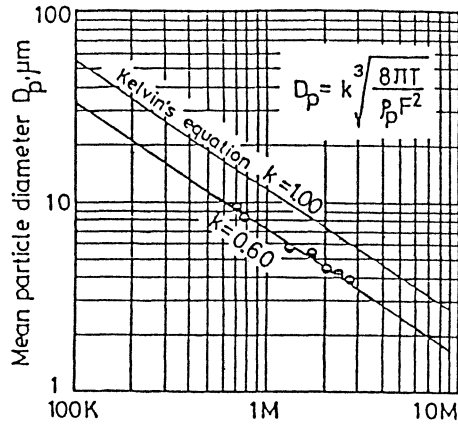


Fig.1 Frequency of ultrasonic wave F , Hz
Relationship between mean particle diameter and frequency of ultrasonic wave for water.

このグラフより希望粒径を得るための振動数を求め得る。鼻、咽、喉に760KHz、副鼻腔等の閉鎖腔に1.4MHz 下気道には2.8MHzが適当との結果を得た。これ等3振動板を同一水槽内に装着して3段切替にて、人呼吸道全般に使用し得る超音波Neb. を製作した。

2) 薬液槽より発生するエアロゾル流量の有用率を、Neb. の道管（UDVでは85cm）の長さ、作用させるバイブレーターの振動との関係より、検索した。絶対濾紙法より図表3の如く、UDVの薬液槽よりの発生直後の量を100とすると、85cmの導管を通る間に流量 $10\text{l}/\text{m}$ で15.7%は管壁に附着し出口には84.3%が噴出する。

| | Menge | Konzentration | % |
|-----------|------------|------------------------------|-------|
| Eingang | 0.00814g/l | $5.51 \times 10^6/\text{ml}$ | 100.% |
| Ausgang | 0.00686g/l | $4.65 \times 10^6/\text{ml}$ | 84.3% |
| Vibration | 0.00194g/l | $1.31 \times 10^6/\text{ml}$ | 23.8% |

Fig. 3 Deposition zu 85 cm Röhre

これに100Hzの最大値振動を附加すると、23.8%のみが鼻孔入口部に達し76.2%は誘管壁に沈着する。又粒径変化も同様で図表4に示す如く入口では平均粒径 $4\mu\text{m}$ が出口では $3.8\mu\text{m}$ に、振動を加えると $2.2\mu\text{m}$ となる。即ちNeb. 導管における沈着と粒子の微小への変化はエアロゾル療法の有用率を低下する。特にエアロゾル粒子を含んだ気柱に振動を加える時は更に通過量、粒径共に小となる。即ち導管の長さに一考を要する。短かい方が損失量は少いが、適当な長さを治療時の便宜さ等より考慮されるべきである。先に述べた波長の $1/4$ の関係より、入手し得たバイブレーターの振動数の検索（Brüel & Kjaer-QV-301Wによる）の結果より約35cm導管が適当と云う結果を得た。

3) バイブレーションは先の医用エアロゾル研究会で述べた如く鼻腔壁沈着、中鼻道、副鼻腔自然口への誘導入に非常に有用であるが、その振動数には検討を要する。UDV、日本電光のバイブレーターの振動数値を測定すると京都の100V、60cps、では、前者は120Hzが最多であるが倍音の240Hzも多く含んでいる。又後者は120Hzの指示をしても倍音の240Hzが最も多い。しかも希望粒径では120、240Hz共に粒子の振動応答性は1に近い。誘導管の長さは波長の $\frac{1}{4}$ 、71cm (120Hz)、35.5cm (240Hz)となる。これ等の管への沈着量、振動の影響は図表5に示す如くである。

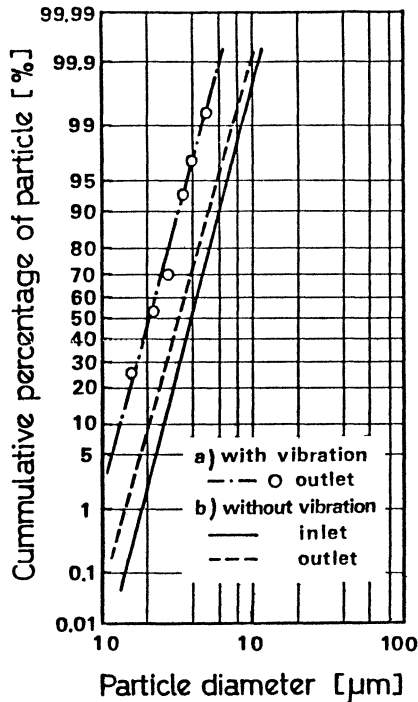


Fig 4 Vibration effect (UDV-No.7)

| Frequency | inlet (mg/dl) % | outlet (mg/dl) % | Vib. (mg/dl) % | Tub. Length (cm) |
|-----------|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| 760 K.HZ | (146) | (119) 81.5 | (98) 67.1 | 71.0 cm |
| | 100 % | (125) 85.6 | (110) 75.3 | 35.5 cm |
| 1.40 M.HZ | (192) | (158) 82.3 | (101) 52.6 | 71.0 cm |
| | 100 % | (177) 92.1 | (146) 76.0 | 35.5 cm |
| 2.80 M.HZ | (128) | (115) 89.8 | (91) 71.0 | 71.0 cm |
| | 100 % | (119) 92.9 | (108) 84.3 | 35.5 cm |

Fig 5 Relation between Deposition and Tubing-Length by Vibration

- § 1) 4% Glucose Solution
- § 2) Quantative Analysis by Glucose Oxydase Methode
- § 3) Flow Volum: 10 l/m
- § 4) Nebulise Ability: 760 K.HZ—2 ml/m, 1.40 M.HZ—2.5ml/m, 2.80 M.HZ—1.8ml/m.

短い方が効率は大きいである。バイブレーターの振動数は240Hzが適当と考える。

<結 論>

- 1) 超音波Neb.の有用率を検討した。
- 2) これを左右する因子は、発生粒径、導管の長さ、バイブレーターの振動数等である。
- 3) 粒径に関しては760K、1.4M、2.8Mヘルツの3個の振動板を同一水槽内に装着して、3段切替にて、人呼吸道に対してほぼ万能の超音波Neb.を製作し得た。
- 4) 導管には粒子の沈着が証明され、短い程有用率は高い。使用時の便宜を勘案して35cm位が適当であると考える。
- 5) 振動附加は既発表の如く腔壁沈着向上に有用であるが、誘導管壁への附着、粒子の振動に対する応答性等の関係より240Hzが良好な結果を得るのではないかと思考する。