

## パネルディスカッション\*

## 高頻度人工換気の限界と可能性—後編—

## 司 会

島 田 康 弘 (名古屋大学医学部麻酔学教室)

## パネリスト

山 田 芳 嗣 (東京大学医学部麻酔学教室)

田 村 正 徳 (東京大学医学部小児学教室)

戸 莉 創 (名古屋市立大学医学部小児学教室)

トラン・ゴック・フック (株式会社メトラン)

武 澤 純 (名古屋大学医学部附属病院集中治療部)

島田：それでは、武澤先生とフックさんを入れて、ラウンドテーブル形式でいろいろ HFO の問題点を整理して行きたいと思っております。大体大きく3つ位に分けてディスカッションしたいと思います。第1は HFO のメカニズムといいますか、なぜ HFO というのはこういう機械ができてきてそれがベンチレーターとして利用できるようになったかということに関しまして最初に山田先生が色々の問題点を挙げられました。その辺のことをもう少しディスカッションしてそれから実際に使うにあたっての機械の問題を少ししてそれから臨床に行きたいと思っています。メカニズムに関しましてベンチレーターですから肺の問題が最初にくると思うのですが、ガス交換の改善、肺内ガス分布の問題につきましてまずディスカッションして頂きたいと思います。私知らなかったのですが PET で換気の分布を見たデータを出して頂いたのですが、CMV で完全に調節換気になっている場合と違って HFO では中心部といいますか肺門、心臓の周りの方に近い所の換気の分布が良い。これはもちろん正常肺を対象にされた場合ですね。

山田：そうです。

島田：異常肺というか、非常に時定数の違った肺胞がある場合の PET では一体どうなるのですか。例えばオレイン酸の肺水腫を作った場合、一体どうな

ると想像されますか。

山田：陳旧性の結核があつてプラを生じた患者を例に挙げれば、PET の測定ではまず  $N^{13}$  を吸わせて閉鎖回路で呼吸させ、肺内濃度が平衡に達するようにするのですけれども、プラの部分には  $N^{13}$  が全く入って行かない。次に、肺内の  $N^{13}$  が平衡に達した時点で洗い出しを開始するのですが、洗い出しの像を見ると、プラの中心部は抜けて、周辺の部分に  $N^{13}$  が強く残っているのですね。ということは、プラの中心部の全く換気されない部分、その周辺部の一応  $N^{13}$  は入っていくのだけれど非常に換気が悪くなっている部分と、層状構造になっているわけです。このように、PET を使えば病態によっていろんな異常を認めることができます。

島田：今まで PET がなかったような時代はいわゆる換気血流分布というとゼノンとか非常に解像度の悪いものを使っていたね。それでは全くこういったものはわからないですね。

山田：ちょっと言い過ぎになるかもしれませんが、ゼノンの研究からでた定説というのはかなり間違つた部分もあるのではないかと思います。ゼノンの問題点の1つは、高々5、6個のディテクターで体表からゼノンを検出して局所肺機能を評価することです。また、個々のディテクターの検出範囲と肺の局所との対応が正確にわからない。第2に、ゼノンは  $N_2$  に比べてずっと水に溶けやすく、吸入したゼノンが血流に入って胸郭の方に分布し、ディテクターがそれを検出してしまふ。こういったことで、ゼノンによ

\* この記録は平成元年6月3日、第4回名古屋大学医学部附属病院集中治療部学術講演会として開催されたものを編集したものである。

る測定は結構誤差が大きく誤った結果も生まれ、PET がもっと自由に使えるようになっていろんな見直しができるようになれば、もっと正確にわかってくると思います。

**島田：**どうですか、換気の分布という話につきましては何か聞きたいことはありませんか。

**戸荻：**山田先生のお話で HFO の時の方が不均一な部分がむしろ出てきて、CMV の時のバルクフローよりもローカリティーが強いというデータですね。理論的にいきますとバルクフローの方がローカリティーが強くなってもよいような感じがするのですが、それはどう理解したらよいのでしょうか。

**山田：**そこが一番重要なところなのですけれども、気道系は不均等な分岐を繰り返しているわけです。分岐回数が少なくて肺胞に到達する部位もありますし、多くの分岐を繰り返して中枢気道からかなり遠くの方に存在する肺胞もあるのです。つまり、中枢気道から肺胞までの距離は一定ではなく、ガンマ分布みたいな分布をしており、平気値としての解剖学的死腔を中心として、一番近い肺胞ではその約半分の距離、遠いところでは2倍くらいの距離があります。従って、HFO で解剖学的死腔よりも小さい一回換気量を使って換気しても、中枢気道に近い肺胞には対流でバルクフローが到達してしまう。中枢気道からの距離が遠くバルクフローが届かない部位では、HFO 特有のメカニズムすなわち加増拡散などが働きます。HFO では、肺の部位によって対流のメカニズムが働いている場所と、対流よりも換気効率の悪い加増拡散が働いている場所とが共存しているのです。それがかえって、換気の分布としては従来の換気よりも不均等性を増している原因になっています。

**田村：**HFO の場合に換気効果が良いということの説明として気管支からの分岐の問題以外に心臓のオシレーションの影響というものはありますか。さっきの PET を心停止の状態もしくは肺を取り出した状態で行っても同じ結果でしょうか。

**山田：**私達はやはり PET を用いて、心臓が動いているときと止めたときのアプネアにおけるガス運搬を比較し、心臓のオシレーションのガス運搬効果の肺内分布を調べました。それによると、心臓のオシレーションのガス運搬促進効果は、心臓の周辺部に

最も強く、HFV の換気分布のパターンとは異なっていました。HFV において最も換気の良い部分は、中枢気道から肺胞までの経路の距離が短く、しかもその経路が気管の軸に対してストレートで吸入気を選択的に配分される領域です。こういった領域では換気は対流のメカニズムで行われ、心臓のオシレーション効果はあまり重要ではありません。

**島田：**換気の分布について何かありますか。CMV の時とオシレーションの時、肺血流の分布についてはどのようなになっているでしょう。

**山田：**血流のデータはここに持っていませんが、文献的に言えば基本的には CMV と変わらないと理解しています。

**武澤：**ゼノンを使った実験では血流も換気も CMV に比べて HFO はホモジーニアスですね。それは PET みたいにきれいに換気のことまでちゃんと見えてるかどうか分かりませんが、6 つ位センサーを付けて犬を寝かせて測定してましたが。

**山田：**それは古いみたいですね。81 年か 82 年位、多分メイヨーのだと思うのですが、あのデータと換気分布で比較しますとわれわれのデータと余り一致しない。それで理解に苦しむのですが、必ずしも信用していません。例えば血流に関する情報もそれでもって理解するというには使っていないのです。

**武澤：**阪大で HFO を使って無気肺を作製する実験をしたことがあります。その時に CT を取りました。HFO というのは平均気道内圧を下げると簡単に無気肺ができます。時間の経過を見ているとディペンデントゾーンの血流が多い。そしてその部位がまた段々暗くなってきて無気肺ができてくる。あの結果を見ると確かに血流はディペンデントゾーンは多いと思います。

**山田：**HFO から話がずれてしまうのですが、肺血流の分布がどうなのか、画像診断が急速に伸びているというか急速に進んでいるということで、計測的に画像診断を使って特殊機能を調べてみようというようなことが盛んでホットなディベートなのです。いわゆる重力方向に血流が分布しているというのが従来の定義ですが、アイソグラビティーの面においてやはり血流の分布はホモジーニアスではなくて、ある分布があるのではないかということが、今言われていることで、それがあつという所とそうではな

くて同平面では均一して分布しているのだという一派と今争っているところなのです。血流分布はまだわかっていないというか今からちゃんと調べていかないといけないと思います。

**島田：**血流のことで言われかけたのですが、他臓器で頭とか肝臓にも何か変なことが起こるという報告がありますね。全身の血流に関しては一体どういう変化をするのでしょうか。

**田村：**それは 1985 年の CCM に発表しましたが、各種の microsphere を使った兎の実験では MAP を同じにしておけば血流分布は各臓器ごとには変わらない。各臓器の中でどう分布が変わるかはわかりません。脳と心臓と肺と腹部の臓器、その程度に分けた時には HFO と CMV では相違は見られませんでした。

**島田：**例えば腎臓では CMV では皮質の血流分布が変わるのだとかいう報告が昔からありますね。HFO はどうですか。これはいろんな臓器血流の障害が人工換気だけによって起こることが防げるかどうかという話になるかと思うのですがそこもポイントですね。それから最終的に換気と血流が異常となったというのとホモジニアスになったという意見がありますが、結果として表れる血液ガスは良くなっているのですね。CMV よりも HFO の方が良くなる例が異常肺ではあるわけですね。その辺の説明は CMV と HFO で異常肺に対しての換気血流分布というのはやはり良くなるからガスは良くなるのでしょうか。当たり前の話ではないかと思いますがその辺の話の説明はそれで良いのですか。換気血流比は一定化するのですか。

**田村：**気道の閉塞さえなければ分時換気量を計算すれば HFO ではべらぼうな量になるのですね。ですから少々換気／血流が不均等になっても  $Paco_2$  の排出効果は高くてもあたりまえである。oxygenation に関しては、HFO を使うと肺動脈の低酸素性収縮が減弱してしまうと報告しています。これは PFC を合併している症例では有利かもしれませんが、普通の状態ではむしろ  $Va/Q$  のミスマッチという点から言えば不利になりそうです。しかし病的肺では低酸素血症に関与してくるのは肺泡そのものが虚脱しているということがずっと大きいわけで、その点 HFO で比較的高い MAP で全呼吸サイクルを虚脱せずに肺

を膨らませておけば、たとえ換気血流比として不利に見えても、総合的な結果としては oxygenation は HFO のほうが良いとなるのではないかと考えます。

**島田：**臨床的には、最初に suspending inflation (SI) といって一回肺泡を膨らませるという操作が必要なのですか、それとも HFO をそのままずっと最初からやっても  $Pao_2$  は上がるのですか。

**田村：**動物実験では HFO で良好な oxygenation を保つためには SI は重要な処置です。ひとつの理由としては動物実験は筋弛緩して行いますから、動物の肺をいったん膨らませてリクルートしておいてから換気を始めるということは PIP の低い HFO では大変大事なことです。しかし、動物実験の時に SI を非常に高い圧で行うと、その間、低血圧や徐脈などが起こることがあります。SI の間に気胸を合併するようなこともありますし、SI をやるということは、かなり危険なことがあると考えまして、私は普通新生児では、ルーチンには行っていません。HFO では条件設定してやってなかなか予想通りガスが良くならないとか、もしくはせっかく良くなったのに吸引後悪くなったというときには私自身がマニュアルで SI をするということはしております。自動 SI システムを使ってルーチンにするということはしておりません。

**戸苅：**私どもは SI というのやったことがありません。具体的には気胸のことよりも脳内うっ血のことを考えると怖くてできないというのが正直なところ です。

**田村：**われわれが SI を積極的にやらない理由は先ほど戸苅先生が言われたことにもよりますが、われわれが扱っているような、stiff な肺では、肺泡の圧－容量曲線は非常に狭い範囲の中にあり、吸気も呼気も直線に近いまま、それほどヒステレーシスは大きくないだろうと考えるからです。そういう点で、われわれが臨床で扱っているような重症の呼吸障害の患者については、SI はそれほど効果は期待できない。むしろ副作用の方が心配になります。

**戸苅：**SI といった場合にいわゆる普通に言うサイ効果というようなサイと分けて使われてる方もいます。GH が入るか入らないかの差なのですが、アメリカの SI は 15 秒と割合と長いですね。いわゆるバギングのような短いものは SI とは呼んでいないので

すね。われわれそういう意味での SI はやっていないと申し上げたのでバギングはもちろんやっています。

**田村：**自発呼吸の短い時間ではサイ効果はないと Bryan は言っているのです。しかし、臨床的には自発呼吸がある患者と筋弛緩されている実験動物とでは、肺容量は全然違うと思います。そういう点では自発呼吸のある臨床的なケースにおいては SI は積極的に必要なことは少ない。ただ SI をしなければ回復しないという症例があることは事実です。

**島田：**気道内圧の振れの問題ですが、おそらく頭蓋内出血は気道内圧が振れるストロークにもアンブリチュードにもよると思うのです。一番振れを小さくするという理論的なことがきれいに示されたと思うのですがこの辺りの問題はどうか。つまり同じ一回換気量で気道内圧をできるだけ小さくすると、CMV の時は組織学的な肺損傷に対してはボリュームのスイングが大きいのか、プレッシャーのスイングが大きいのかということで考え方が変わってくると思うのですが、オシレーションですとプレッシャースイングの要素が大きいといわれているのですね。その辺はどう考えたらよろしいのでしょうか。

**田村：**先ほど示しましたハミルトンのデータですが、MAP は  $15 \text{ cmH}_2\text{O}$  で CMV と HFO と同じでも、CMV では  $25 \text{ cmH}_2\text{O}$  という圧スイングで、HFO のほうはミラーのカテ先ノメーターで気管支内で測った圧スイングは  $\pm 2$  とか  $3 \text{ cmH}_2\text{O}$  位で相当小さい。病理経過のスライドでお見せしたような換気後の肺病理所見の違いは圧スイングの方が MAP より、悪さをしているということを意味していると私は単純に信じています。

**山田：**肺損傷に対して圧のスイングとボリュームのスイングのどちらが重要かという問題は非常に難しいのですが、ひとつははっきりと理解しないといけないのは、気道内圧と肺胞内圧との違いです。肺胞を単純にコンプライアンス要素であると考えれば、肺胞内圧のスイングとボリュームのスイングは比例します。ふつう肺胞は組織抵抗を無視してコンプライアンスだけの成分と考えてよいと思いますので、肺胞内圧という立場からいうと圧のスイングとボリュームのスイングを減らすことは同一です。一方気道内圧を下げることも積極的な意味があって、ひ

とつは気道の圧損傷を防止すること、もうひとつはばらついた肺胞内圧の上限としての意味です。肺胞は気道といろいろな関係にあり、中枢気道に近い肺胞もあれば遠いものもあるため、肺胞内圧も一定ではなくいろいろな値をとります。この傾向は特に病的肺の時に強くなるかと思いますが、気道内圧はこのばらついた肺胞内圧の上限になるため、気道内圧をコントロールすることは肺胞内圧を一定以下に抑えるという意味で重要だと思います。

**フック：**先ほどの肺胞内圧の話ですが、プレッシャースイングによって肺のダメージが大きくなるかどうかとか、与えたエネルギーと実際ロスしたエネルギーの比率、ロスが大きければ大きいほど肺のダメージが大きいだらうとエネルギーの考え方からいえばそういうことになると思うのですが。例えば、患者の体に加速度センサーを付け、その信号の解析により共振周波数をみつけることができるといいます。

**戸町：**先ほどお話しした、肺の圧といいますのは正確に言うとも肺胞の中で測っていると実は思っているわけではなくて、おそらく細気管支の中で測っている、フランツらと同じような方法で先端部に入れて測っています。とりだして測定するわけですから胸郭はもちろんありませんし、全く非生理的な状態でプレッシャーがどこまで進出するかを見ただけです。いくらプレッシャー測定技術が進んでも肺胞の中を測るのはやはり無理ではないかなと思います。シミュレーションで解析した方が早いかもしれません。

**島田：**理論的なところですからあまり詳しくなりますと、まだまだ問題点が残ってくる。どうすればよいかというところが少しずつわかってくるといいます。

**武澤：**山田先生も共振周波数の問題を出されたと思いますが、回路の共振周波数と患者を含めたときの共振周波数をどんな方法で測定するのかという問題があります。つまり先ほどの  $15 \text{ Hz}$  とか  $17 \text{ Hz}$  という話が出ましたが、おそらく肺の状態によって違うだろうし、患者の大きさによっても、気管チューブの大きさによっても、肺の状態によっても、使っている回路によっても違って来るだろうし、もちろん加湿器によっても違ってきます。つまり換気する

対象によってインピーダンスが違うわけで、それで患者さんにとって一番良い共振周波数を一体どうやって探すのか、今までの HFO はそういう一番良い条件で患者さんを換気していたかどうか不明確だと思います。ある種のパラメーター、マーカーが必要です。例えばフックさんのおっしゃった加速度計とか hotwire で一回換気量を測るとか、特に山田先生みたいに今度成人に使用しますと、成人の場合はもっとバリエーションが大きいわけですから 90 kg の人もいれば 30 kg の人もいるわけですから気管支のサイズも違うでしょうし、肺の状態も違うでしょうからそうした時に一番いい状態で換気しているかどうかかわからないとまた混乱が起こるでしょう。その辺が測定できるシステムを機械側の方に搭載できるようにお願いしたいと思います。

戸荻：フックさんにひとつ伺いたいのですが、ほとんど物理現象が多い肺ですから流体力学とか弾性力学とかレオロジーとか使ってモデルを作って例えば圧とか流れとか計算できますよね。シミュレーションで肺胞レベルの情報が取り出せる時代になってスーパーコンピューターを使ってかなりの精密なデータが出れば、コンピューターが計算して、人工呼吸の設定条件もおのずと決まってくる今一番ベストに振動するという機械が登場するような気がするのですがどうでしょうか。

フック：そういう話になると学問的なレベルでなくて実際実行できるかというのが問題ですが、私どものような小さい会社ですととても無理なので、もうひとつ臨床から生体を見たときの観点と機械から全体を見た時の観点とは違うので、まず双方で意思統一をしなくてはならない。それが一番大切だと思います。

島田：だいぶ臨床的な方向にも進んできていますので、機械などのことはいろいろ問題がありますから少しおきまして、実際に HFO を使用すると、HFO は魅力のあるもので成人から新生児まで全部いけるのだというような話で成人のトライアルを大分なされたのですが、成人に対しては非常に残念な結果ばかりだということを言われました。成人では barotrauma の症例などでジェットベンチレーションという方法で行われていますが、現在機械上の制限で、良い機械もないし余裕のある機械もないと山田

先生が言われました。理由はそういうことでよろしいのですか、機械だけの問題ですか。それとも成人はやはり難しいというような方もおられると思うのですが。今までのトライアルのほとんどの場合失敗例が多いですね。

山田：ジェットベンチレーションは別として、きちんとした HFO を試してみたという文献は、本当に 1 つか 2 つしかないのです。その文献は Mayo Clinic の Kai Rehder らによるもので Anesthesiology に 1 つ、JAP に 1 つペーパーが出てますが、ピストンを使って麻酔中の患者に HFO を行っています。15 Hz の換気数で 1 ml/kg 前後の一回換気量を必要とし、そのためにかなりばかでかい機械が必要だったと想像します。なんとか HFO ができたけれども軽い喘息発作を誘発したりとかいろいろなトラブルがあったみたいで、これはやるものじゃないという結論になっています。私は現在準備中でまだ実際にやってないのですが、理論的に成人のコーナー周波数などを考えますと、15 Hz は高すぎてもっとずっと低い換気数を使うべきだったのではないかと思います。換気数をいろいろ変えて至適換気数を正確に決定する研究がまず必要であると思います。

島田：機械に関して、成人の機械も小児の機械もそうですが、換気回数とかストロークとかいろいろ変えられるということですが、モニターとしては一体どんなものを行っているのですか。つまり共振周波数とか言われましたが、そこまでのモニターは非常に難しいでしょうけど。ぜひ必要であるといったものは何でしょうか。

田村： $\text{tcPO}_2$  と  $\text{tcPCO}_2$  はモニターして、それを見ながら換気条件を調節するように経皮的にしています。ほかに心電図とか、血圧をモニターするとかでその点では特に変わったことはしていません。多少困った点は、オシレーション中は自発呼吸もありありませんし、呼吸のモニターが難しくなります。心音や呼吸音の聴診はできません。オシレーション法による血圧の自動測定が、時々不能になります。その辺が HFO 中の不便な点かと思いますが。これからの希望としましてはこれはフックさんをお願いしたいのですが、一回換気量をちゃんとモニターできるような装置を HFO に付けて頂きたいと希望しています。胸壁の動きの振幅をモニターするというのは

動物実験でやったことがあるのですが、胸の動きだけをモニターするというのは振動でずれちゃうものですから実際的には一回換気量のモニターとしては役に立たなかったという記憶がありますので、直接一回換気量をモニターで表示できれば有用だと思います。

島田：山田先生の HFO は  $\text{CO}_2$  の排泄量によって  $\text{Paco}_2$  を estimation できるのですか。

山田：通常の換気の時に呼気ガスを集めてノルモカブニアにおける  $\text{Vco}_2$  を測定しておいて、それと同じだけの  $\text{Vco}_2$  が HFO の時に出てくれるように換気を設定します。

島田：少なくなれば換気が不足であること。baseline を決めておいてそれからの増えか減り具合でとらえるということですね。

戸苅：やはり HFO をやりますと  $\text{Paco}_2$  がかなり落ちますね。何とか非侵襲的にということで、カブノメーターで試みましたがうまく測れませんでした。フローの問題だろうと思っています。結局だめなので経皮の  $\text{CO}_2$  で必ずチェックしています。

島田：あとモニターとしてどんなものが必要ですか。こんな所でいいですか。ディスコネクションのモニターとしたらどんなものですか。

フック：加速度センサーというものは、例えば赤ちゃんの場合、体位によってかなり振れ幅が違います。結局、加速度計は移動距離の微分の微分ですから赤ちゃんの状態に少し変化があっても、大きな信号として取れます。

島田：それはどこへ付けるのですか具体的に。

フック：胸壁です。

島田：そういうことではディスコネクションでも振れるでしょう。例えば先がディスコネクトされて体の一部についてもふれるのではないですか。

フック：それはないです。加速度センサーは、センサーの垂直方向しか検知しませんので、大丈夫だと思います。

島田：臨床への応用なのですが、今新生児でお二人の発表で違ってましたですね、というか非常に制限されていたのと、なんでも1回使ってみるという形ですが、今はかなり制限して使っておられるのですか。

田村：僕はできればかたっぱしから使ってみたい

と思っています。しかし、われわれが自由に使えるハミングバードが1台しかないこともあって、普通のベンチレーターでも換気できる症例に HFO を使うというようなことをしておりますと、本当に HFO ないとだめという症例が出たときに困るものですから。実際はレスキューとしてしか使ってこなかった。ですから多少適応に差があるとしても、結果的には戸苅先生の所でお使いになっている使い方と余り大きな違いはないように思います。例えば PIP が 50  $\text{cmH}_2\text{O}$  以上で平均気道内圧が 20  $\text{cmH}_2\text{O}$  以上でも  $\text{CO}_2$  がとばないとか、100% の  $\text{O}_2$  を用いて MAP が 15  $\text{cmH}_2\text{O}$  以上であっても  $\text{PaO}_2$  が 50  $\text{cmH}_2\text{O}$  以下とか、非常に困難なレスキューをやってはじめてコミッティーの了解がとれた。それが、徐々にレスキュー手段として HFO の効果と安全が認められて、段々基準を緩めてコントロールスタディーというところまでいったのです。日本へ帰ってきてから、そんなに厳しい条件じゃなくて、もう少し緩やかなレスキューをやってまして、われわれの経験では大きなトラブルはないということが明らかとなってきて、更に段々基準を下げてきました。最近では例えば超未熟児であれば PIP が 25  $\text{cmH}_2\text{O}$  で、それが、しかも下げられる見通しがなければ、HFO を使うというふうに HFO の使用基準が下がってきているわけです。戸苅先生の所も、現在の基準で使われておられて、それで大きな問題がないということを段々確認されてこれれば、同じレスキューといってもレスキューそのものの基準が段々広げられるようになるのではないかと予想しています。

島田：成人あるいはその他を含めてこういう症例は HFO の適応がありそうだというのは理論的に考えてどうですか。これはこういう機械を今後作っていくかどうかという、戦略にもかかわるのですが、新生児だったら新生児だけの機械を作った方がよいとか。

山田：理論的にいうと、コンプライアンスの極度に低下した ARDS は HFO の適応になると思います。現在は、使える高頻度人工呼吸器がジェットベンチレーターしかないわけで、コンベンショナルな換気法ではガス交換が維持できなくなった重症呼吸不全に対して 5 Hz 位の HFJV を重畳するやり方を行っています。HFV 単独のやり方は、私たちは CPAP

ジェットと呼んでいるのですが、ある程度 CPAP で平均気道内圧を上げた状態でジェットをかけるというやり方で、瀕死の呼吸不全を何とか持ち直したこともあります。重畳式は簡単に試行できていいのですが、状態の悪い患者で通常の胸の動きに加えてばかばか振動していて、きつそうで外からみていて印象が余り良くない。こうした印象を与えること自体が HFV の正しい使い方ではないことを示唆しているのかもしれませんが。

島田：武澤先生いかがですか。

武澤：阪大でもジェットを使って ARDS 症例にスーパーインポーズもやってみたのですが、ジェットを使った限りではあまり効果はなかったですね。ですからこういう面ではベシミスティックなのですが。しかし山田先生の呼吸器に関しては確かに共振周波数も設定しようとしているみたいですし、一回換気量をモニターしながらやっていく形ですからこれは可能性があると思います。いい機械ができればぜひ私達にも使わせて頂きたいと思います。

島田：適応対象を皆さんレスキューということを言われていますが、レスキューというのは今までの治療ではうまくいかない症例ということで、HFV に対しては非常に厳しい適応になるわけですね。

武澤：成人の場合は絶対悪いというデータはないですね。そういう意味でどうしてもレスキューを少しずつやっていって症例を選んでいく。そしてもし結果がよければ、もう少し適応を広げて早めに使っていくということになるでしょう。子供で HFO の方がいいと思う症例はさっき田村先生がおっしゃっていましたが PFC を合併している症例とか、横隔膜ヘルニアの場合ですね。あれはいい適応だと思います。ただし子供の ARDS、その辺は経験が少ないですが、ちょっと難しいかなという感じがあります。

山田：適応というか、まず成人の麻酔を HFO でかけてみようと思っています。この試作器では、fresh gas flow を麻酔器の common gas outlet からとるだけで、簡単に麻酔がかけられます。ベンチレータの安全性は十分にテストしましたから、麻酔をかけてみて、麻酔科医の立場でも HFO が安心して使用できるという感触を確認したいと思います。何とか危なっかしいと思いながら、ある適応に対してはよい面があるので使うというのではなくて、HFO が安心

して使えるというのを十分確認した上で適応を決めたいと考えています。ジェットが今ひとつ好きにならないのも、同じ理由からです。

島田：田村先生はどうですか。ジェットでこわいのは air trapping ですね。HFO も trapping の可能性はありますね。吸呼気でインピーダンスが違ったら trapping はすぐ起きるわけですね。そうすると trapping されているかどうかの判断はどうするのですか。

田村：トロントの Bryan のところで研究を始める前に国立小児病院で、半年ほど麻酔科にいまして、重症の横隔膜ヘルニアとかに、ジェットをトライアルしたりしました。それで Bryan に言われましてジェットと HFO の比較実験をやりたい時にびっくりしたのは、兎はジェットをやると片っ端から気胸を起こして死んでしまうのです。こんな恐ろしい機械を日本で人間に使っていたのかと、その時真っ青になったのですが、ところが HFO だとそう簡単には破れないし、循環状態も安定している。先ほど肺洗浄のモデルを出しましたが、肺洗浄をやりますと必ず低酸素血症になるのですけれども、そういう時に BP-200 にのっけてしまうと死んでしまう。しかし、BP-200 にのっけずに HFO にのっけると、状態が改善しました。兎に関する限りでは、air trapping の点では、ほとんど問題なかったと思います。実際に air trapping があるかどうかを、臨床で簡単に測る方法は occlusion pressure を測ってそれがモニターされている気道内圧と近いかどうかということで簡単にチェックできます。ピストン式 HFO では、 $\pm 2$  cm 以内でほとんどきれいに合っております。吸気呼気の間でインピーダンスが変わってエアトラップが起きるのはむしろ、平均気道内圧が低い、5 cm とか 6 cm その辺りでやっている場合に起こりやすいといわれています。しかし、実際、臨床的に僕らがレスキューで使っている平均気道内圧  $15 \text{ cmH}_2\text{O}$  とか  $20 \text{ cmH}_2\text{O}$  とかというようなレベルではほとんど問題はないのではないかと考えています。ただ本当にチェックしたいのであれば occlusion pressure を測ればよい。ただそれはあくまで平均としての圧ですが、山田先生が出されたような、もし肺泡分布が違えば平均としては確かに、口元の MAP と等しいとしても、肺泡の部位によっては、ひょっとすると、

実は圧がかなり高いというような所があるかも知れません。ただそういう時も $\pm 3$  cm位の圧差しかないということでその点臨床的には余り問題にならないのではないかと思います。

**島田：**それでは一体将来はあるのかという話で締めくくることがルールなのだそうです、展望を一言ずつ貰って終わりにしたいと思います。

**田村：**私はハミルトンの病理所見の写真だけでHFOに一目ぼれしてしまった所があります。どんな患者でも片っ端から使えるものなのか、それともある程度適応を限って使うべきかということはこれから段々明らかになって行くだろうと思います。ただ頭蓋内出血の問題については、静脈圧の変動が主因であれば、臨床的には、ヘッドアップすればそれで片付くのではないかと考えています。問題はSIをやるかどうかですが、僕はSIについてはもともと積極的ではありません。これから先の展望ですが、HFOは僕は新生児領域ではそれなりの位置を占めて十分生き延びて行くだろうと思います。それから胸壁コンプライアンスの高い新生児では、体外式陰圧呼吸が行いやすいのではないかと考えられますし、小さな圧変動を高頻度で胸郭に加えるのなら、体外boxと体表間のリークもあまり問題にならないのではないかと考え、今後は、体外式HFOの開発に取り組みたいと考えています。

**戸荊：**私の方は2つありましてひとつは今やっていますCMVの設定すらほとんど感でやっているわけです。感ではまずいのではないかとということで、正確に評価できるようなシステムが早く確立してく

ればと思います。もうひとつは患者さんサイドの問題です。実はうちでHFOをやりますと看護婦さんがすごく喜ぶのです。CMVのときよりも気持ちが良いそうだというのです。これが非常に重要なことでして、そういった人間的な面も追及していかなくてはならないと思っています。

**武澤：**症例によっては効くものがあるわけですからすべてに効くかどうかは別にして、もう存在理由は十分にあるわけです。それから新生児または未熟児ですかそういう小さな対象に対しても適応があるのだろうと推察できますね。成人に関しては難しいですけど期待できると思います。しかし、新生児や成熟児でHFOが出て来ざるをえない理由はやはり子供の人工呼吸器でいいのがないからだろうというのがもうひとつの重大な側面ではないかと思うので、HFOのいい機械を作ることも大事ですけれども普通の新生児用のベンチレーターの開発というのも一方では大切だと思います。

**島田：**作る側から。

**フック：**小児のCMVは非常に生理的な呼吸様式であるように見えるけれども換気力学的に見るとまだまだ不自然な部分が残っています。もうひとつはHFOには、副作用があるかどうかわかりませんが、今悩んでいることはHFOを新生児領域で、救命手段として使ったところで、10年後、20年後の結果が確認できていないことです。

**島田：**ありがとうございました。

(1990. 1. 20 受)