

ディスカッション

座長 田中元直
副座長 藤井諄一

座長(田中) 今回の研究会では、“ディスカッションに重点をおき議論を尽す”という本研究会の原点に戻るといふ立場から、現在会員の方々の一番興味の対象となっているような問題を取り上げ、議論をつくり、問題点の解明を計りたいという意図で、このパネルディスカッションを計画いたしました。

このパネルの企画は、計画する側からあらかじめ演者を指定して、話題提供をお願いしたのでは、作られたものになりかねないという懸念がございましたので、集まりました一般演題の中から、類似演題あるいは関連演題を選び出し、ひとまとめにして、パネルを組んでみた次第です。類似演題が多いということは、会員の皆さんの興味が一番集まっているところであり、また、それだけ問題の多いところであると考えられるからであります。そのような関連演題の1つは、今日、これから御討論願いますコントラストエコー法であり、もう1つは心筋梗塞の診断に関連したものでございました。その両方を取り上げるには時間的余裕がありませんので、さらに幹事の諸先生方のご意見を伺いましたところ、圧倒的多数の方々から、コントラスト法に関するテーマが最も時宜を得た問題であろうとの御意見をいただきました。そこで、今回のパネルが組まれたわけであります。演題を振り分けてみますと、方法論を扱った演題、先天性心疾患あるいは後天性心疾患の診断に対して適用した演題、および計測的面に応用した演題とに分けることができました。これらをまとめますと、

全体として、心エコー図におけるコントラスト法の意義がクローズアップされているように思われますし、またいろいろな問題も浮び上がってこようかと思われます。そこまで参りますと、このパネルディスカッションもある程度の成果を上げることができると存じます。

* * *

討 論

座長 これewithひととおり各自の発表をいただいたわけではありますが、プレゼンテーションいただいた内容を大まかに整理してみますと、最初の3題ではエコーソースが何か、コントラストの注入法はどうしたらよいか、また、注入剤には何を用了らよいか、コントラストエコーは何を表現するかという基本的な問題について検討したものと考えられます。次の3演題ではコントラスト法が臨床的にどういう役割をもっているか、あるいはどういう点で役に立ったかということをお示しいただいたものであり、最後の坂本先生の演題は、コントラスト法を利用して、いままでの心エコー図の所見を再検討してみるとかなり問題点がある、というか、見間違いが起こっていた可能性がある。そのような心エコー図判読上生じ易いエラーを十分考慮しながら使用しなければいけないということに対する suggestion であったと思います。これらの演題の中でまず一番問題になっておりましたのは、何といたっても方法論だと思われま。とくにエコーソースが何かということ、それから注

入方法はどうしたらよいか、また、注入剤に何を使ったらいいかということが問題であるように思えます。

コントラスト法におけるエコーソースにつきましてはすでにこれまでの関連学会での発表でも、気泡であるという説と、気泡も否定できないが注入剤と血液との間の音響インピーダンスの差が大きな原因であるという二つの説がございます。気泡であるとしても注入剤であるとしても、エコーとして出る以上は音響インピーダンスに差があることを意味し、その差を利用しているということは間違いない事実であります。ところが音響インピーダンスの差を生ずるもののうち、片方は液体であります。もう一方の方が気体であるのか液体であるかということは、臨床診断上、問題になるところであると思います。とくに臨床いろいろなトラブルが起こったときに、この方法が安全な方法であったのかどうかということが問われるだろうと思います。従って、気泡を注入した方がコントラスト剤としてはよりエコーを生じ易いことは当然のことなのですが、気体とする以上、実際には気泡の種類（空気を使うか炭酸ガスを使うか）を何にするか、気泡の大きさをどういうふうに規定し、どの程度の量までならば安全であるかということを確認しておかなければならなくなると思います。そのような点からも臨床で、エコーソースをはっきりさせるということが重要な問題であるわけです。この点につきましては、1969年、Gramiak 教授が発表しまして以来、外国でいろいろな形での実験データが出ております。今日ここで提出された問題について討論する前に、外国ではどういう見方があるかとかう点を藤井先生に解説いただこうと思います。藤井先生お願いいたします。（725頁に掲載）。

* * *

座長 ありがとうございます。このエコーソースの問題につきまして追加と質問がきております。神戸中央市民病院の柳原先生、ひとことご発

言願いたいのですが……

柳原(神戸中央市民病院) 先ほど共同演者の吉田が各種の溶液を末梢から注入する際に、エコー源になるのは注入液のいかににかかわらず気泡であるということを報告いたしました。私の示しますのは末梢からの注入ではなく、カテーテルを心臓内に挿入しまして行った同様の実験であります。すなわち実際には右房と下大静脈との境界部付近にカテーテルを置きまして、断層法でカテーテルを捉えながら、各種注入液や自家血を注入して実験をしたわけです。この場合、気泡を入れない状態で行いますと、注入液のいかににかかわらず、右房内にエコーは出現しませんでした。次に気泡が入っている状態の溶液を注入しますと、右房内に明瞭なエコーが出現しました。このように気泡が入っていない状態を作成すればコントラストエコーの出現は認められず、気泡が入っている状態を作成すれば明瞭なエコーが得られるという結果がえられたわけです。

座長 次に名城病院の今井先生、ひとことお願いします。

今井(名城病院) 私どもは40ミクロン以上の気泡を通さないフィルターを用いた実験から、インドサイアニンググリーン(ICG)および生食水の造影効果の主因は気泡であることを確認しております。また50%糖液、76%ウログラフィン、簡単な水槽を用いた実験では造影効果が比較的よいようですが、生体では、肘静脈等から空気を混入させないようにして注入した場合、安定した造影は得られないことを確認しております。これらの物質は血液との音響インピーダンスの差はかなりあるのですが、安定した造影効果を得るにはまだインピーダンスの差が十分でないと考えております。これに対して気体と血液との音響インピーダンスの差は非常に大きく、第1席の演者も少量の空気を利用しておられるようですが、私どもでは安全という面では炭酸ガスのほうがよいと考えております。前回の秋田の超音波医学会で発表させていただきましたが、私たちは炭酸ガスおよび

20% 糖液を入れた注射器を振盪することにより生ずる炭酸ガス微小泡混入液を用いております。この方法は安全で、かつきわめて安定した造影効果が得られます。

座長 エコー成分の問題につきましては、秋田の超音波医学会では国立循環器病センターの先生からも発表がございましたし、島田先生のところからも炭酸ガス注入法によるコントラスト法が発表されておりました。これにつきまして仁村先生、何かご意見ございましたらばお願いしたいのですが……

仁村(国立循環器病センター) 私どもの実験結果は藤井先生が先ほどおっしゃった超音波医学会の研究会、それに秋田の超音波医学会で発表しましたが、あの時点では、あの発表内容に尽きると思っています。いままでの成績からみますと、ほとんど目に見えない程度の気泡が付着しておいて、それが注入のときに、おそらくさらに細かく分れるだろうと思うのですけれども、それが一番大きなファクターであると思えます。ただいま藤井先生がいわれたガスキャビテーションの現象についてですが、いまのガスキャビテーションといいますのは、プレッシャーがかわるために気化するということを指していると思えます。しかし、それだけではなく比較的冷たい液を注入すれば出やすいというのは、温度が変わると液体中での気体の溶解度が変わりますから、溶解している気体が気化するような現象がある程度加わっているのじゃないかと考えているのですが…… いずれにしてもエコー源は大部分が気体の反射であろうと思えます。

座長 本日の発表とこれまでの発言では、エコー発生の源、すなわちエコー源は“気泡であろう”という説が有力だったようで、反対の意見はあまりないようですので、あえて気泡のみをエコー源と考えたのでは説明のつかない事実を、2, 3 紹介しておきましょう。

その第1は生理食塩水のみを用いますと、現われてくるコントラストエコーの大きさには、エコーの粒が小さいのもあれば、かなり大きいものも

あり、各エコーがバラバラに粒状に出ることが多いという事実です。ただいまの追加や発言、それから吉田先生の発表でみられるように、40ミクロン以下の目に見えるか見えにくい程度の気泡がエコーソースになっているときには、反射時に散乱が起こることと、干渉が起こりにくいことのため、単位体積内の気泡の分布に多少ムラがあっても、全体として粉末状で雲のようなパターンでワーッと出てくるというのが本来のエコーの姿であると考えられ、これはアルミ箔や澱粉を流したときの像とよく似て参ります。1粒のエコーが1個の反射体を示しているとは限らないのですが、実際にあのような粒状のエコーをつくらうと思いますと、約0.5~1ミリぐらいの反射体を流してやらないとならないという問題がございます。また第2に、仮りに気泡は気体であるから強い反射が起こるはずであるとしてみますと、反射が強い分だけ超音波は減衰しますし、それに散乱が加わりますので、コントラストエコーが出ているところではそれよりも遠方にある心臓構造物のエコーがもっと弱くならなければいけないのに、実際にはよく表示されているということです。第3に、脱気した生食水中などで、同時に10から500 μ 程度の気泡を含んだ生食水とグリセリン、あるいは採血直後の人の血液を流して実験しますと、グリセリンからのエコーは含気泡水のエコーより10dB以上強く、血液のエコーは大きい気泡群のそれとほぼ同程度で、数10ミクロンの気泡群のものより約5dB程度強いという結果が得られます。つまり、気体も“気泡”になりますと反射性能は著るしく低下するという事です。また、第4には、肝臓内の血管では対数増幅器を用いた超音波装置で断層図を画かせて見ていると、コントラスト剤を入れなくとも血流にのって流れるエコーが観察されるという事実です。肝臓の中では気泡の存在はまず不可能でしょう。僅かに音響インピーダンスに差がある脂肪滴かなにかからの反射を捉えていると考えざるを得ないのです。以上のようなことは、気泡がエコー源であるということでは説明の難し

い点です。また、一方、気泡が強い反射を出すということの実験的証明は極めて楽なのですが、気泡がエコー源であるかどうかという実験になりますと、実際には難しい点があります。例えば実験用の微小気泡は極く短時間に消滅するか成長しますので、その大きさを一定に保つことは表面張力との兼合から難しい問題ですし、指定した実験条件下で安定した気泡を作ることも至難の業となります。また、実際に注入される気泡は血液中で成長したものでなければ、いずれも生食水とか、糖液の被膜をかぶった気泡ということですから、その被膜を形成する物質による反射率の差も加わってくるでしょう。その反面、完全な脱気を行ったようにしても全く気泡が入っていないかといわれたときに、入っていないこと証明することも難しく、空気に触れている条件下では、流れがあれば微小気泡の混入は避け難いことにもなります。従って、実際の実験上でもなお問題が生ずることになると思います。このエコー源の問題に関連しまして、フロアからご質問、ご発言がございましたら…… 演者からでもよいですが……

藤井 コントラスト心エコー図の記録をみたらおわかりのように、だいたい直径 2~3 mm ぐらいの粒状のコントラストエコーが記録されていますが、あれがバブルのエコーとした場合に、実際のバブルの大きさとのような関係があるだろうか、ということと、その場合に逆シャントなどあった場合、その危険性についてはどうかということについて、坂本先生いかがでしょうか。

坂本 先に危険性のことですが、この方法の危険性については非常にむずかしい問題があり、経験が少ない現段階で断定的なことはいえないと思うのですが、実際に注入するときには、目に見えるような気体はほとんどありませんし、たとえあったとしてもほんの僅かなものがまじっているという程度でしたら、事実上あまり問題ないのではないかと思います。とくに右-左シャントが絶対ない疾患ではそういえます。心房中隔欠損で左-右シャントだけであると考えられる場合でも、実

際には僅かながら右-左シャントがあるのが普通で、逆シャントが絶対ないとはいきれないのですが、まづ心配ありません。要するにシャント性の疾患でないかぎりには、多少は目に見えるバブルがあっても、それは肺にひっかかってしまうだけで、大きな障害は起こさないと思っております。ですから注射器を活栓に接続する場合に、活栓やチューブ内腔に付着しているかもしれない空気を懸命に追出すという努力はあえてする必要はないと思っております。それからエコーの大きさですが、方位分解能の悪い断層心エコー図でみますと 2, 3 mm の大きさにみえますが、M モード心エコー図でみますととても小さいエコー源で、流れ方向の動きを差引くと、とうてい 1 mm 以上にはみえません。

永沼(国立小児病院) 私、小児ばかりやっていますが、子供の場合はコントラストエコーが出やすいですね。生食水だけで出ます。ICG も使いませんし、血液も使いません。しかし、大人になると非常に困難ということを知っています。体表面積に対する注入剤の量と、その押し出すスピードというものが何らかの関係をもっているのではないかと考えておりますが、その点どうでしょうか。

坂本 私のもっぱらインドサイアニンググリーンを使用しているのですけれども、ICG はたしかに量を多くすれば非常に綺麗に出ます。あまりに少量ですと、たとえば 25 mg の ICG を 5 ml の蒸留水に溶かして、それを 0.5 ml ぐらいしか使わないときには、2 ml 使う場合と比べますとコントラスト効果は一般に悪いようです。また先ほど藤井先生が話されたことですが、エコー源となる場所から胸壁までの間にいろいろなエコーをさえぎる物体、胸壁、心筋などがありますから、子供の場合と大人の場合とでは大変違って、とくに大人の場合にはそれが大きいわけですから、より多くのエコーを発生させるような形にしないと、把えることができないのではないかと思います。

座長 議論はエコー源の問題から、実際の方法の問題へと移って参りました。実際にどのような方法でどんな条件で実施したらコントラストエコーを得易いかということですが、まづ注入するコントラスト剤の量と速度が問題だと思います。

只今の質問と発言にありましたように、注入量と注入速度はコントラスト法で十分なエコーを得るためにかなり重要な問題です。エコー源から体表までの間の反射エコーのエネルギー減衰ということも、確かに一つの大きな因子には違いないのですが、エコー法で重要な点は音響インピーダンスの差の他に、反射面の傾きとともにその粗さと広さがエコーの強度に大きく影響するということであり、エコー源が気泡のような小反射体と考えた場合には、エコー強度は単位体積当りの気泡の数に比例するということでもあります。例えば、1 ml 当り 1 個の気泡よりも、10 個の気泡があった方がエコーは強くなり、100 個あればもっと強く出るといことです。従って、良好なエコーを得ようとすれば、注入液からの反射を利用する際には、生体内で両液境界面の広さを広くしてやるか、単位体積当りの気泡の数を多くしてやる必要があります。そのためには、注入速度が遅いと血流でどんどん拡散させてしまいますので、エコーは出にくいこととなりますから、ある程度早く注入して、血液内で塊り状となるようにする必要がありますし、注入液と血液との境界面を広げる、あるいは含まれる気泡数を増やすということでは、ある程度、量を多く入れてやる必要があります。このような点から注入量と注入速度が問題になると思います。実際にこの点につきまして、鈴木先生、吉田先生、吉岡先生は、注入剤としてどんなものが一番いいと思われませんか、また、どれくらいのスピードで入れたらいい結果が得られるとお考えでしょうか。

鈴木 いまのフロアの方からの御質問にもありましたけれども、音響インピーダンスの差だけでエコーを出そうと思えば、ある程度は出ると思います。それはスライドで示しましたように、音響

インピーダンスの差からみますと、境界面での反射率もずいぶん違いますから、しかも実際に示しましたように、生体でも大動脈壁などは、20 dB ぐらいの差にもかかわらず、境界面は非常に強いエコー源となっていますから、生体の中で静止していれば、途中で減衰があっても確実にそのエコーは出ると思います。ただ問題は、あれば広い平面での反射ですから、それを長時間保っていることができるかというところに問題が出てきているのだと思います。それで、田中先生の質問に対する答えに移りますが、注入液との音響インピーダンスの差だけでエコーを出そうと思えば、たとえば、小児のように心腔の非常に小さいところに、9 号ぐらいの太さのカテーテルを入れて、瞬時にコントラスト剤を入れるようにすれば、注入液との音響インピーダンスの差でもある程度エコーは出ると思います。ただそのような観血的注入をすることは、この方法のいい点を完全に失ってしまうものだと思うのです。バブルを入れるということになれば、注入速度などを大した考慮せずにちょっと押しただけでもエコーが出ます。安全性の問題については、われわれのやっている方法では炭酸ガスを入れるわけですが、空気を使えばどんな少量でも出るのじゃないかと思います。

座長 先生のところでお使いになっている材料は何を使っておられますか、炭酸ガスだけを入れているわけではないと思いますが……

鈴木 たしかに注入する気体は炭酸ガスだけかといわれるとむずかしいのですが、生食水 15 ml に直径 3 mm ぐらいの炭酸ガス泡として入れ、それを振盪します。10 回ぐらい二つのピストンで交互しますと、ほとんど目に見えないくらいになりますから、それを 5 ml 入れれば十分なエコーが得られます。

座長 吉田先生のところは……

吉田 われわれのところでは気泡が入らないとエコーが得られない、つまり血液と注入液とのインピーダンスの差だけでは小さすぎて画像として出てこない、要するに臨牀的に使えないと考えま

して、5% のブドウ糖 5 ml を開放系に入れております。これを振って入れたときの気泡の注入量が問題になると思いますが、先ほどお示ししましたように1回に 6×10^{-4} ml、つまり2,000回注入して総量 1 ml ということになるので、量としては非常に少ないものです。人工心肺を使用する場合、40 ミクロンのフィルターを使っておられるのが大部分の施設であろうと思いますが、その場合フィルターを通して混入される気泡の数を外国の文献により調べて比較してみますと、コントラスト法で注入される量は1桁少ないかなり少量であります。しかも人工心肺では、1時間とか2時間という時間単位で使用している点を考慮しますと、コントラスト法での気泡はかなり少ない量ではないかと考えられ、まず臨床的に問題なく使えると思います。人工心肺の場合は右左シャントそのものですから、それで問題がなければ、エコー法での量は臨床的に全く安全じゃないかと考えております。

座長 吉岡先生のところではどうですか....

吉岡 私どもは ICG を使っています。それではほとんど全例出ます。特別にエコーソースについて検討したことはないですか....

座長 その場合、人工的に気泡など入れないで、普通の色素稀釈法をやるような方法で ICG を使っているということですか？

吉岡 そうです。

座長 1回何 ml くらい使っておられますか。

吉岡 延長チューブ内に ICG を 1 ml か 2 ml 留置しまして、そのあとを生食水でプッシュしております。

座長 内山先生のとえろはいかがでございませうか。

内山 通常の場合には ICG 5 ml を、冷やした生食水 10 ml であとから押しますと、だいたい出ますが、たまに出ない症例があります。とくに気泡を混入させるような操作はしておりませんが、ガラスの注射筒を用い、注射筒を1回ごとにとり換えて行っています。そうしますと、2回や

3回繰り返してもわりとよく出るような感じがいたします。

座長 気泡をわざと入れてやるという場合と、特別気泡を入れるという操作をしなくとも出るという場合と、2つのご意見がありますが、坂本先生のところではいかがですか。

坂本 もし気泡の混入が問題だということになりますと、普通の注射もできないことになるのではないのでしょうか。つまり普通の注射でも先ほどいったようなマイクロバブルが必然的に入ってくるわけです。もし、それが危険であるといえればカテーテルも注射も一切できないということになってしまうと思うのですが....

座長 目に見えないくらい大きさの気泡があるかないか、また、それがエコーソースになっているかどうかという議論になりますと、音響学的にいろいろの問題があります。本日は時間もなく、十分な討議ができませんので結論は出せないのじゃないかと思いますが....

坂本 1ついえることは、ICG を注入する前に、バイアルの中で強く振盪して混和するとほとんど液体がなくなってしまい、バブルのみに近いような状態になります。つまり液全体がバブルになるような格好にして、暫らく待ってバイアルの下にたまってくる液体だけを取って注入すれば、非常によく出るということは事実だと思います。

吉田 超音波検査で検出できるバブルの大きさがどれくらいであるかという点について実験してみますと、1ミクロン以下の気泡はまったくわからないのですが、水槽内実験では数ミクロン以上であれば出るだろうという結果を得ております。これは実吉先生や菊地先生が、以前、水槽内実験で気泡の寿命というのを測られており、小さい気泡ほど寿命が短いことを示しておられ、2ミクロンとか10ミクロンという気泡を水槽内実験で一応測っておられます。その程度の大きさの気泡は、一応水槽内実験では検出できるのじゃないかと考えております。

藤井 気泡の大きさの問題についてですが、数

マイクロンといいますが、だいたい 2.25 MHz の超音波の波長が 0.6~0.7 mm というふうに計算されると思いますので、波長以下の対象物の場合は普通、散乱波を出していると思います。その辺は非常にむずかしい問題だと思いますが、田中先生、いかがでしょう。

座長 エコー源がマイクロン、とくに数マイクロンの大きさのものとなりますと、赤血球の大きさと同じオーダーになってまいります。そうなりますと、いわゆる空気と水との音響インピーダンスの差というような反射性能では考えられない、別の条件が出て参ります。

コントラスト法において、気泡がどの程度反射体として寄与するかという問題はあまり専門的に過ぎますので、本日の議論では避けて通ろうと思っておりましたが、どうも議論がその辺に戻ってきますので、この問題について若干付言させていただきます。

先ほど実吉先生らの気泡の寿命についての話が一寸出てきたのですが、先ほどのお話の先が問題です。あの実験では、半径数マイクロン、直径にしますと 10 マイクロン前後以下の気泡は水中では極めて不安定で、出ても瞬間的に消滅してしまうことも示しており、あの実験でも直径で 5 マイクロン以下は測定されていません。水中で、どうか測定できる時間間隔、すなわち、数秒以上存在するためには、直径で 10 マイクロン以上が必要であろうということです。気泡は表面張力、液の飽和度、粘性などによっても最小の大きさや寿命が変わりますが、恐らく我々のレベルで実験的に測定するのはこの程度以上だろうと思います。

ところで、もし気泡のみが反射体になっている、すなわち、生食水等と混ぜて入れずに気泡のみを血液の中に入れて場合を想定し、血液より条件のよい水中におきかえて検討してみますと、気泡の大きさを比較的扱い易い大きさとして半径 10 マイクロン、直径にして 20 マイクロン程度と考え、大きさの揃った気泡群が注入されたとします。また、使用する超音波の周波数は 2.5 MHz であり、

1mm³ 中に 1 個、すなわち 1 ml 中に 1,000 個程度の分散になったとしますと、その target strength (これは微小反射体の反射性能を考えるときに用いられる単位のようなものですが) は約 -54 dB と計算されます。これは水と空気との境界面における反射能よりも 54 dB 少ない、すなわち 10 万分の 1 程度に減少してしまうということです。従って、もし、水と空気の境界面と同程度の反射能を得ようとすれば、1 mm³ 中に 20 マイクロンの直径の気泡であれば 10~100 万個が必要になるということで、正常な血液中の赤血球が、1 mm³ 中に 400~500 万個という点から考えてもかなり沢山の量が入っている必要があるということになります。半径 100 マイクロンの気泡としても 1,000 ないし 1 万個程度が必要になるということです。同様の考え方から、血液中に生食水を注入し、それが水滴に砕け、半径 3~5 mm 程度の球状の塊りとなったとき、それ 1 個の反射能と同程度の反射能を得ようとすれば、半径 10 マイクロンの気泡では 1 mm³ 中に約 1 万個、半径 100 マイクロンの気泡ですと 1 mm³ 中に約 100 個程度の割合で分散存在することが必要であるということになります。従って気泡のみを利用して、注入液より強いエコーを出そうとすれば、大凡この程度、ないしこれ以上の割合で注入されるようにする必要があります。

もちろん、生食水塊が気泡と同程度の 10 マイクロンとか 100 マイクロンの大きさになったときには、気泡の方が反射が大きくなることはいうまでもないことでありますが、音響インピーダンスの差の割合ほどには、大きな差は出ないと思われれます。

小反射体からの反射でも、ビームに対向する面の面積が $\sqrt{\text{距離} \times \text{波長}}$ の数倍以上であれば、ほぼ面反射と考えてよいわけですから、血液中の生食水塊でも直径 10 mm 以上であれば全く面反射と考えてよく、直径 5~6 mm あれば十分検出可能な反射性能をもつと考えられます。従って、このような水塊が出来るように注入してやれば、生食水のみでも十分なエコーが得られるはずですが、

これにさらに若干の数の気泡が含まれれば、その反射性能はさらに上がることは確かであると申し上げます。

さて、ここで今申し上げましたのは、注入液が球状の塊の形で砕けていくと考えた場合ですが、反射源が気泡であっても、注入液とともに入れられるわけですから、注入液の血液中での拡散ないし混和の状況が問題になります。

この点については、今日はどなたも触れられなかったのですが、注入によって液が霧状に飛散すると考えた場合、気泡含有液であっても、飛散する状態は同様になりますので、先ほど述べましたように 1 mm^3 当りの濃度が保持されることは難しくなりますし、単位体積当りの濃度が薄くなればエコーは得難くなると考えられます。気泡にしる、エコーを生ずるために群集して、ある程度の濃度が維持されていることが必要になります。

通常粘性の高い液体中に粘性の低い液体を注入した際、注入時の両液の圧差にもよりますが、粘性抵抗のために、注入液は注入直後に霧状に瞬時的に拡散混和することはなく、細い孔から噴出させてもそれほど遠くへは飛散せず、注入部近傍にある程度集まったのちに、徐々に混和されていくという経過をとります。とくに注入される側の圧が高ければ同一注入圧の下であればこの傾向が生ずると考えられます。このさい両液の境界は比較的明瞭に境され、かつ連続面が形成される時期もあるようです。拍動流でありますと、遂時、雲が引きち切られるように砕け細分化されて参ります。

この過程では液との境界面が十分広い状態も出現しますし、うねるような凹凸面も形成され、その凸面部凹面部からは、かなりの大きさの粒状エコーを生じてよいこととなります。

注入速度はこのような境界面の形成ないし気泡濃度の維持に大きく影響することになります。注入速度や注入圧が一定でも、患者の心内圧は皆同じではありませんし、血液の粘性、血球数など、物理的性質も個人差があると考えられますので、各個の患者によって多少、注入条件を変えないと

エコーが出にくくなるというようなことが起こってもよいであろうと考えられます。

実際に細かい数値や理論および実験データをお示ししながら説明すれば、もう少し解り易くなると存じますが、理論的な面からの気泡の意味を少なくし、付言させていただきました。

天野 いままでの演者が示された実験結果は全部注入するほうの条件を変えた実験のようですが、私たちが臨床的にコントラスト法を行っていると、注入するほうの条件がまったく一定でも、注入される側の状態によって、非常によく出る人と出ない人とがあります。症例によっては、ききほどの COCM とか TI のように、あのような massive な大粒の“みぞれ”のような大きさのエコーが 10 分も 20 分も続く場合があります。このようなエコーの発生については、いわゆる液体と気体の間のインピーダンスの差だとか、小さなバブルとかでは、実際説明できないのじゃないかなという気がするのですが...

座長 たしかにそのとおりでと思います。症例によって出易いものと出にくいものがあるということ、また、得られるエコーが大粒になることがあるという点について、もしご意見ございましたら...

松尾(阪大第一内科) 田中先生が御指摘になりました“マイクロバブルは非常に小さいのに、エコーは非常に大きくなる”ということについてですが、ビームの太さを考えに入れますと当然一個のエコーが一個の反射体の大きさを現わしているものではないといえます。ビーム内に含まれている反射体の総和が一粒のエコーになってくるということと、方位分解能が関係してくることによってあのような大きさのエコーになるので、決して一粒のエコーが反射体一個の本当の大きさを表わしているものではないと思います。

また、細かい反射体のエコーなのにどうしてエコー像がベタツとならないかという点については、小反射体の濃度差といいますが、小反射体の数の多いところからは反射が多くなり、少ない所では

反射が弱くなる。それが入りまじっているところではエコーの強い部分が抜け出して、つまり threshold をこえて表現されるのだというふうに考えますと、決してあのような大粒な形に出てきても差しつかえないと感じます。吉田先生が「小さなものの限界」ということをおっしゃいましたが、それについてももう一つ、小反射体が単位体積内にどれくらい含まれているかということが、非常に重要なことだと思います。おそらく数マイクロの大きさの反射体になりますと、これは Rayleigh 反射になりますので、トータルとしてどれくらいの反射量を持っているかということが問題になってきます。単に大きさだけでなく、それがどれくらい含まれておるかということが非常に大きな問題なので、その点も検討を加えてゆかないと、最終的な結論は出ないのじゃないかと思えます。

座長 大変貴重なご意見をありがとうございます。町井先生……

町井(三井記念病院) いまの天野先生のご意見に対してですが、気泡の影響もあると思いますが、血液というのは非常に微妙なサスペンションですから、ちょっとした擾乱を加えると赤血球の分布に異常が起る可能性があると考えられます。たとえば血液をいっぺんひっぱり出して、注射器に入れた状態では流れている血液とは違った状態になっているようなことが関係しているのかもしれないと思います。そうしますと、ひょっとするとコントラスト剤を入れなくても血流が判るかも知れない、そういうことが分れば素晴らしいと思うのです。

座長 私どものところで、コントラスト法を始めたそもそもの出発点は、心臓構造物のエコーと一緒に何とか血流が画き出せないかというところにありました。ドプラー法では血流からの信号が得られるわけですから、パルス法でも装置の精度を上げてゆけばそれが扱えられるのではないかということです。ところが装置の性能を十分に上げて行っても、流動する赤血球からのエコーは、エ

コーとして得ることは難しいということで、反射の必須条件であるインピーダンスの差を僅かでも変えてやればエコーがつかまるだろうということで、町井先生が云われたような擾乱を生食水で起させる積りで始めた方法です。それがいつの間にか空気を入れる方法に変わってきているものですから、いささか心配になってきています。天野先生からご指摘があったように、血液自体は気体で飽和された状態ですし、町井先生がご指摘になられたように、ちょっとでも乱してやればエコーが起ってくる可能性が十分あるのではないかと考えられます。そのような点からも、また、個人差としてエコーが出やすい人、出にくい人というのが出てきてよろしいのではないかと考えられます。このエコーソースの問題はまだ議論尽きないと思いますが、時間がありませんので、この辺で終わらせていただきたいと思えます。最後に臨床的な応用という面についてご意見ございましたらお願いいたします。

加藤(名古屋掖済会病院) 臨床応用というところでちょっとお聞きしたいのですが、造影剤の種類と造影剤の注入方法のことで、たとえば ICG を使ってコントラストエコーが出た場合と、出なかった場合とについて、注入速度との関係はどうであったかということです。エコーを出すためには、心腔内である程度の造影剤の濃度が必要だと思います。そのために注入速度が大きく影響すると思います。そういうことをやっておられるところはないでしょうか。

座長 それは臨床的にですか。

加藤 そうです。たとえば右心房だとか心腔内に直接入れる場合と、末梢静脈からの場合の法入速度について。

座長 私どもの経験では、静脈系に入れるときには割合にゆっくり入れてもかなり良く出ますが、左心系に入れるときにはかなり力を入れて注入してやらないと出にくいという経験をしておりますが、演者の先生方がいかがですか、注入速度の大小でエコーが出にくい、出やすいという問題につい

て。

永沼 子供の場合ですが、注入速度が遅いと出が悪い。それから肘静脈と手背静脈とでは肘静脈から流したほうが出やすい経験を持っております。

吉岡 先ほどバブルを急速に入れるか、緩速で入れるかのデータを出したのですが、急速に入れますと明らかにバブルの数がたくさんありますので、エコーの出現が良好であるという結果が得られます。

座長 鈴木先生いかがですか、速度は、空気気泡を入れればゆっくり入れてもよく出ますか？

鈴木 そうです。どんな速度でも出ます。ただ反射率に頼って出そうとすると、小児の場合でもかなりの圧で、太いカテーテルでやらないと出ないと思います。

座長 吉岡先生、内山先生、注入速度についていかがですか。

吉岡 いま永沼先生からご指摘があったのですが、子供の場合は血管確保をしっかりやるということが大切です。速度は急速に入れて出る場合と、ゆっくりやっても出る場合といろいろあると思います。何回か実施しているうちに必ず出ます。

内山 私共は、逆流部位の同定ということでこの方法を行っております。ゆっくり入れますと左心室に充満されませんので、カテーテルから漏れてきたものを1カ所からの逆流と誤診することがありますので、インジェクターで急速に左心室に充満させる方法をとっております。

座長 天野先生は....

天野 一番いいのは先ほどいっていたように可及的に早く注入することです。

座長 ほかに臨床的な面での効果という点で御意見ございますか。

吉川(神戸中央市民病院) 吉田君が発表しましたけれども、ASDでは左右短絡だけではなくて、右左短絡もあるということは、循環生理学的に計算しうるシャントがあるという意味でなくて、コントラスト法ではいろいろな程度のASDを正確に診断し得るという意味のことをいったわけで

す。また、田中先生がおっしゃっている安全性の問題ですが、ASDでは生理的に右-左短絡を持っているわけですから、かなり問題になってくると思います。もし気泡が安全性の上で問題になるならば、人工心肺で使っておりますフィルターが40ミクロンですから、それ以下のものを通すフィルターを使えば、まず安全だろうと思います。何十万人という心臓病患者が人工心肺を使って助かっておるわけですから.... 20ミクロンのフィルターでも30ミクロンのフィルターでも良好なエコーが出現してまいります。それともう一つ、ICGはバブルが入っているからよく出るのであって、ICGそのものがエコーソースとなるのでは、そう大きくは出ないと思います。たしかに実験では出るのですが、生体内ではその効果は少ない。操作中にかなりの空気がやむなく入っておるのだと思います。ですからICGでもブドー糖でもよく振れば出てくるわけです。もし心配ならば40ミクロンのフィルターを使ってやればいいと思います。

坂本 その右左シャントの問題ですが、左心系では割合早くエコーが消える。それは気泡が潰れるからだだと思います。つまり高圧系の心腔ではバブルがすぐに潰れてしまう。右心系でコントラストエコーが非常に長く残るといえるのは、圧が低いからだと思うのです。ですからASDで多少左房に漏れても、左室があり、大動脈があるかぎりおそらく脳に行くまでは潰れていて、心配ないのではないかと思うのですが....

今井(名古屋名城病院) 先ほど吉川先生が40ミクロン以下のものでも出るとおっしゃいましたが、われわれの実験では40ミクロン以下のものではエコーは出ません。左心系に入った場合、空気の気泡を用いたときには絶対に問題になると思います。解決方法としては、われわれが行っている炭酸ガスを小さな気泡にして入れるしかないのではないのでしょうか。今後この方法が使われるようになるのではないかと確信しております。

鄭(鹿児島大学第1内科) 心内シャントのない

疾患で末梢静脈からコントラスト剤を入れたときに、肺を通して左心系までコントラスト剤が達しエコーが出るということはない、ということが保証できるのでしょうか。私は1例だけ、明らかに、カテーテルを通して造影剤を入れたとき、シャントのエコーが左心系に出現したのを経験しております。この例ではシャントがないということを、カテーテル検査の際に確かめております。まだ1例だけです。何とも申しあげられませんが、この原因を確実にしていけない限り、右左シャント云々という、万が一、間違ふ可能性もなきにしもあらずということです。

坂本 その場合左室にも出ましたか。右房が充満されてから左室のほうに...

鄭 それは確認しておりません。いつも右房と左房を同時にとらえるところだけ見ておいて、右房が造影されたあとに左房も写ってくるわけです。左室の方は分りません。この例ではシャントがありません。少なくともアンジオでやった検査ではない症例です。

坂本 アンジオでは無理です。アンジオではそのようなシャントはわかりませんでしょう。

鄭 これはMSの症例なんです。

天野 只今のような症例についてですが、吉川先生のところでもそのようですし、うちで前にやった症例でもある程度の右-左シャントはX線造影法とか、色素稀釈法では絶対つかまらないようです。それからもう1つ、普通の場合には肺の毛細血管は8ミクロン以下ということですので、大抵の気泡は引懸るのですが、中にいわゆるA-V fistulaが正常の人間と思われる方でも存在する可能性があります。ですから、左房のほうへ出てきたのは、そのようなA-V fistulaの存在する確率が大で、ほかにシャントがないといっても、実際にはそのようなシャントがあるのであろうと考えます。

座長 コントラスト法の非常にいい特徴といますか、あるいは悪い特徴といますか、色素稀釈法でも証明できない程度の僅かなシャントでも

証明できる可能性があるわけです。いま吉川先生や天野先生が指摘されたように、生理的には存在し、臨床的にはあまり重要でないような右-左シャントがあることは事実ですが、それがもし、常に敏感に写し出されるとしたら、臨床診断上、問題が起こる可能性があることも否定できないことだと思います。

永沼 先天性心疾患の患者を見ておまして一番困りますのは、肺静脈還流異常症の診断であります。これはコントラスト法をやってみても診断がつかない。もし肺を通ってもみえるというコントラスト剤があったらアンジオは要らないだろうと考えておりますので、そういうコントラスト剤の開発ができればぜひ教えていただきたいと思っております。

野原(東京医大内科) ASDの逆シャントについてでございますが、ごく少量でもこれは絶対ないとはいえないのでございまして、私どもはそのデータをすでに出しております。見方の綿密さということが問題だと思うのです。きょうのASDの場合は私達が出したデータをverifyしていただいたことになるので、非常に感謝しております。

太田(自衛隊中央病院) いまお見せいただいたASDで、右から左へあの程度にコントラストが入るということは当然です。しかしそれを右から左へのシャントだと考えると非常に困ると思うのです。おそらくその程度のもは何でもないんじゃないですか... 先ほどの天野先生の例でも思うのですが、たとえば三尖弁閉鎖不全症で他のどんな検査をやっても閉鎖不全が判らないときに、いまのコントラストの方法で見つかったとき、それをほんとうに病的な意味での三尖弁閉鎖不全というのかどうかということです。この方法の危険なところはごく僅かな変化が出てしまうということです。まるで生理的なものを、エコーでみえたといって病的なものにしてしまうことははるかに危険じゃないかと、そんな気がしたのですが... ここで示されたASDの右から左へのシャントと

いうのは、ただこういう方法でみつかったということであって、それはあまり意味がないのじゃないかという気がするのです。

座長 ありがとうございます。太田先生、貴重なご意見を感謝いたします。先生に御指摘いただいた点は心エコー図自体にもいえることで、又新しい方法論が出て参りますと、どうしてもその点の注意が必要であろうと思います。データーの読みすぎと共に、厳に心すべき問題と思います。坂本先生が御示し下さった話題もこれと大きな関連があると思います。

さて、最後になりましたが、いわゆるエコー法で血流量や血流速度を測定できる可能性があるという問題が1つ残っております。この点では三井記念病院の町井先生のところでも検討されておりますので、ひとことご意見伺わしていただければと思います。

町井 田中先生が出されたスライドのように、肺動脈の血流方向にビームを向け M モードを示しますと、ほぼ血流速度に対応するようなものが計算されます。ただし、肺動脈径を測ることが非常にむずかしい。そのために血流量はなかなか正確には出せないと思いますが、ある程度ヘモダイナミックな手法として使えるのではないかと思います。その際注意しなければならないことはビームの方向の設定です。ビームを肺動脈の中心軸上におかないで端のほうにおきますと、正常でも収縮期に逆流がたくさん見られます。それから中心軸上におきましても、ときどき逆流が順流成分にまじっております。肺動脈ではよく vortex 渦巻流ができるといいますが、その影響が出ているのではないかと思います。そのような点はまだ検討しなくてはならないと思います。

座長 ありがとうございます。まだ坂本先生にお話いただいた問題、つまりコントラスト法を使って逆にこれまでの心エコー図所見を見直すと、エコーの解釈上いろいろな問題点が出てくるという点ですが、これは先ほど太田先生からも指摘されたデーターの読みすぎの問題とも関連しており

ますし、ビーム幅の広いものを用いた M-mode 法では当然問題となる点であり、十分な討議をいたしたいところです。しかし、残念ながらかなり時間が超過してしまいました。議論がますます佳境に入ってきたところでございますのでやめるのは大変惜しいのですが、一応この辺で終わらせていただきたいと思います。

最後に、本日、ご検討いただいたところをまとめてみます。と、まずエコーソースとしては気泡である可能性が強いというご意見がかなりあったということでございます。ただし、気泡のみがエコー源であるとするには、なお多くの問題点が残されています。とくに音響学的な理論的な面での検討が十分でない現状では確定的なことはいえないわけで、その辺はもう少しあとまで検討の余地を残しておいたほうがよさそうだとということでございます。

つぎに実際にコントラスト法を利用する場合には、生食水、ICG、あるいは空気泡ないし炭酸ガス泡混和液を可及的すみやかに注入すればよいということでした。気泡を入れることの是非、安定性も問題になりましたが、臨床の実用性からすれば安全性ということが重要ですので、できればわざわざ気泡を入れるような操作をせずに、生理的食塩水だけのよう、副作用のない安全なものを使って実施できることが望ましいと思います。

この点で、あえて一言付言させていただきますならば、今日、御話しいただいた方々の中、あるいはフロアの方々の中からも、コントラストエコーの描出について、同じ注入剤を用いてもコントラストエコーが出る、出ない、出易い、出にくい、などの御意見が出ておりましたが、これは注入速度にもよりますが、大部分は装置の利得量と S/N によるということに尽きると思います。同じメーカーの装置でもすべて同一性能とは限らず、装置によってゲインや S/N に差がありますし、使い方によっても変わります。施設によって違う性能の装置を使って得たデーターから、コントラストエコーの出易さについて議論するには問題があると

思います。現在出にくいといわれる方の装置でも、恐らく今より 10 dB か 20 dB ゲインか S/N が上がればよく出るでしょうし、気泡をわざわざ混入しなくともよいと思います。S/N が悪くゲインを絞って使わなければならない装置では、当然エコーを強くしてやらなければならないので、気泡の注入などが必要となるでしょうし、断層装置でも M-mode の装置でも、心臓組織の境界をできるだけよく出すように工夫した装置が多いものですから、コントラストエコーが出にくくなっていく装置もあるようです。コントラスト法に適した装置を使っていくことが必要でしょうが、その辺は機械の進歩とも関係して参ると思います。もう少し音響的な理論的研究が進めば、将来は気泡などを入れなくとも、十分コントラストエコーが出せるようになる可能性があるということを申し上げておきたいと思います。

第3にはコントラスト法には非常に敏感な面があるということで、その結果、逆に病気をつくり出す可能性があるという点から、所見の解釈には慎重であるべきだということが提案されました。方法が進歩してきますと、いままで気がつかなか

ったことがいろいろわかるようになって参りますが、その結果、臨床上是大きな意味のないものが、意味があるように判断しがちでございますので、実施に当ってはそういう点の反省も重要であろうと思います。

第4に臨床診断上の意義という点では、本日、プレゼンテーションいただいた方々からご指摘ございましたように、先天性心疾患における短絡の有無やその発生時期、あるいは弁膜症における逆流の場所や方向など、重要な診断情報がコントラスト法で非常によく獲得できる。しかも造影剤としては比較的安全なものを使えるので、繰返し実施可能ということで、小児科領域、あるいは成人病領域の臨床に、将来ともかなり広く使われるであろうということで、その点については異論がなかったように思います。以上のような点が本日の結論というか、まとめであろうと存じます。司会の不手ぎわから時間を大幅に遅らせてしまい、大変ご迷惑をおかけする結果になりましたが、この辺でパネルディスカッションを終らせていただきます。ご協力ありがとうございました。(拍手)