

総説

血流測定の話題

沖野 遙*

I. 臓器機能と血流測定

測定に伴う各種の誤差はともかく、血流測定の結果は刻々の瞬時連続流量（流速）を示す拍動波形やその特定時相の振幅や時間平均振幅および分時算値として示されるのが普通であって、その測定値を予測値や多数例の平均値と比較対比して多少を判断する。そしてほとんどの場合少な過ぎることが問題になって、その原因と対策を考えることになろう。

この対策とは血行の再建対策で、心不全の回復や、末梢臓器への導管動脈の血流障害の除去が具体例といえる。

しかし血流障害の対策として血流量の復旧を行う裏には、障害を除去しさえすれば、そして末梢側はそれぞれの領域の代謝交換に必要な血流量さえ受取れば、正常な機能を再び回復できるものとするという仮定と期待があるからであろう。

いいかえれば、血流の程度を知ることは、末梢臓器や組織が全身機能の変動に合わせて正常に機能してくれていることを判定するひとつの手段ともいえよう。こう考えると、逆に何らかの手段で末梢が正常な機能、これは個々の細胞単位についても、さらにそれらの集合体としての機能についても、を営んでいることが判定できれば、何も $X \text{ ml/min}$ という形での流入出血流量を定量的に精度良く把握できる意味が薄れるようにすら思えてくる。

何故に血流計測屋 (flowmeter man) といわれてきた私がこのように考えるかという、血流の

目的は円滑な代謝交換と体温の維持であることから、最近の NMR 法やポジトロン CT 法などに代表する手段が、臓器の形状や血流の臓器内分布に加えて、リン化合物の挙動を軸とした代謝状態さえも *in vivo* で測定可能になりつつあるからである。また測定技術上に現状では後述のように数多くの制約や性能に関する難題があるのは事実であるが、技術の進歩速度は速いので10年も待つ必要はないように想われる。

以上のような立場から血流なるものをみなおしてみると、問題として心に残るのは次の点をどう考え評価すべきかである。それは血流を仮に十分供給しても細胞なり臓器なりが期待した機能を発揮してくれなくなってしまった時の血流の意味であり、そしてそのような状態の時に血流量を測って云々するということである。

少々具体的にいうと、老化に伴う流路の障害を除去しても末梢が通常量（若年者の場合の正常といわれる流量など）の血液の流入を希望しない(?) ような状態が、今後の高齢化社会になるとみられるようになるのではなからうか。この現象はレイノー病の筋流入血流量や、拒否反応に合った移植臓器への流入量を例にとらなくても、脳循環と脳活動が一例ではないかと考える。加齢に伴って脳活動が障害された鈍化する原因に頸動脈系の硬化と狭窄がある場合は、血液供給量の減少が脳機能の低下に先行するのは判るように思う。しかし N_2O 法による CBF 測定値は、これを測らなくても機能障害が判るような例を別にすると、測定への情熱や努力、また苦痛の割に脳活動の現状把握にも予後判定にも役立たないので用いられな

* 東海大学医学部生理学教室

くなったという。RIによる測定も脳実質の部位や深さによる血流情報の差に関しては物語れないので N_2O 法と大差ない。そして臓器内分布をコンパートメントを仮定して類推する努力も結果しなかった。結局脳活動と直結して変動すると想像される脳内局所の血流量の立体分布が判らないと、血流情報を用いた機能の判断に関する知識が増えないことになる。しかし、臓器内の血流量や血液量の分布の推移だけがその機能の活動状態にすぐ比例して、またそれらを直接適確に反映するとしてしまうのは早計で注意と慎重な考慮を要する。問題は局所的代謝を直接追求する手段が*in vivo*ではまだ存在しないが、血液の存否やその移動などを反映する情報だけが最新の技術で入手できそうになってきたというに過ぎない現状を適確に理解し把握に努める必要がある。しかし早合点するのではないが、これら新技術の応用、とくに医学にとって正しい応用、がどこまで拡大して行けるのかは興味と期待に満ち満ちていると考える。とはいえなにせ高価な機器であるために金の切れ目が縁の切な目になることを一番恐れる次第である。

さてさらに話を進めると、個人差や職業の差などは大いにあるが、血流量だけ維持確保していれば加齢に関せず脳も心筋もその活動が鈍化しないのだろうか。骨格筋は使わないからか、使えなくなるためか、老人の筋活動は低下して空間的移動範囲が段々狭くなり、それに伴うかのように精神活動もゆるやかになってくるのが常とみえる。このような状態を血流からみるとどうなのだろうか。心筋でも適切な後負荷と、それに見合う冠血流供給があればまともに動くが、人工心を追加して、後負荷を軽減また除去された自然心側は冠血流は望むだけ与えておいても心筋は萎縮するといわれる。このような条件下での自然心への冠血流量測定などはどう考え、評価し、対処すれば良いのだろうか。当然人工心側には冠血流はあろうはずがない。この種の内容は心臓に限らない、人工肺などの置換可能な臓器については全く同じことで、今後どこまでどうなるのか、サイボーグ的で血流屋の予測外のことである。

このように全身の代謝要求と表裏一体で即応して変動できるのが血液の供給とその分布であると一応考えると、代謝の程度によって特定領域への

血流量を一定値に維持する必要はない。そしてこの血流量を分布させる源としての心臓ポンプの能力と全身の血液量がまずあって、末梢への流路に通過障害がないことが、円滑な血流状態維持の条件となる。そして代謝要求は病的原因のみではなく加齢も含めて、その個体の社会的、また精神的生活環境の諸条件の複雑な組合わせに左右されることになる。

それらの結果として血流量を考えてみると、機能維持のための最少必要量というか、何か必然的な最低量はあるように想えるが、それ以上の量については上述の条件の組合わせに依存するので、どれだけの血流量があるべき量なのかの議論は別の問題であろう。

とくに血流測定法の比較や評価に関する議論は測定した値の品質に何を期待するかで大幅に立場が異なるので、何をどのような形で知りたいかに依存することになる。むやみに手技の難易や精度、価格などを直接対比して議論することは実のないことである。

ここで考えるべきことは、どのような手段で測定されたにせよ、血流情報の内容について共通にいえる唯一のことは、全身またそれと関連した局所の機能が生命維持にどれほど円滑に動作しているかをその情報が物語るができるかという点に集約されるだろう。

II. 血流測定の立場と問題点

前述のように血流の最終目的からみて、誰もがもっとも知りたいのは心拍量とその全身への分布状態と、末梢での血流の使用状態といえよう。そしてそれらの状態をなるべく非観血的に把握したいし、中でも麻酔の先生方にはそれを連続的に血圧や血液中のガス組成とともに監視する希望が強い。

そこで順を追って最近の話題を拾ってみる。ただここで避けて通れない共通の話題についてまず先に触れるが、それは測定精度の問題である。この測定精度のあるべき姿は万人に共通して一概に決められない、それは測定の目的や測定結果の用途などがあまりにも不揃いだからといえる。測定精度なり誤差を論ずる基準は測定対象内に発生した変化量の絶対値としての判定と、ある他の測定

法による測定結果とのあいだの相似性や比例関係の程度で判断される。この場合、測定法一般論として、対象物に直接触れて測るほど、その測定精度は向上させやすい。

実例を電磁血流計にとると、同じヘマトクリット値の血液の流量を測るとして、いわゆる血流に信号採取電極対が直接接触している挿管型プローブによる測定値が、その流路の下流端で流出量を貯留したメスシリンダー内血液量にもっとも近い値を再現性よく（誤差±2%以内）示しうる。これは1cm口径の大形プローブで10ml/min以下の低流量を測定する場合は当然不適當で、もちろん適当な小口径プローブを用いるのが常識であろう。

同様の測定を切除動脈を内圧約70mmHgほどに加圧して動脈形状を保ちながら、説明書にあるようにカフ型プローブを用いて測定すると、大口径プローブになるほどプローブ周囲の血管外壁の湿潤度によって同一流量に対する検出感度が不揃いに低下して、最悪では-30%にも及ぶ。そしてこの-30%という値よりも測定環境によってその低下程度が不揃いな方が困る。解決策は電磁石の幅を増しプローブの横幅を広くするほど、この障害は除けるが、実用上は使いにくさが増すことになる。この種の原因による誤差はプローブ口径が5~6mm以下の小口径では考慮しなくても±5%程度の通常の誤差範囲内に納まる。

専門に過ぎるかも知れないが、簡単にその理由を説明すると、電磁場はプローブの電極を含む平面の左右にも広がる、そしてその広がり程度は大口径ほど磁極間隔が増すので広く分布する。この左右に広がった磁場によっても血流速に比例した電圧信号が発生するが、この信号分は電極に達する手前の動脈外壁面上の体液（電解質液）の層で短絡されて電極に到達せず信号損失となるからである。挿管型ではこの短絡が仮にあっても一定なので補正可能である。

どの種の測定法についてもいえるのであろうが、一例として電磁血流計の開発と実用化の過去約25年を振り返ってみると、当初はまず動作すること、次に精度の限界を追った後に実用期に入ると、精度面でギリギリまで妥協して後退しながら、使い易さと安定度の向上に努力した時代などを経過した。試みたが実用化に踏み切らなかったのは、被

検者への漏れ電流に対する万一の危険と、測定結果の値値からみてカテ先型プローブは学会報告に止めた。

臨床応用をみると、術中の大動脈、肺動脈、冠動脈ACバイパス、四肢動脈などについて心血管への矯整操作の前後に測定されてきたが、動脈再建術前後の流量のみでなく術後に反応性充血を調べて末梢側の血管作動性を判定する、また弁置換や欠損閉塞前後の比較判定するような目的には電磁血流計がいろいろな面から他の手技に優っている。

最近超音波のドブラー法とエコー法の併用によって体表から血流速でなく血流量を連続測定できる手段が実用化されつつある。この手法の評価についても一番嫌な問題は測定精度の件である。複雑な構造や走行をしている体内の動静脈に向かって、体表の限られた部位から限られた超音波の照射方向で血流量情報を入手しようとするわけなので、超音波応用による測定の基本成立条件（物理的原理）と現実とのどこまでの妥協を良しとするかという前述の電磁石の幅の問題と質的に軌を一にする難題である。

このような現実、それも解剖学的制限などによって由来する場合に測定精度が±10%いや±5%以内でなければ不満らしい内容の討論を見うけるがこれは無意味である。Fick原法でも、色素法でも、RI法でも最悪な場合±30%を超す誤差を生ずる要因を含んでいる。機器を考案し作っている側は長所短所は十二分に承知のうえで、現状のベストを提示しているわけで、これをどう使いこなすかはユーザーの頭脳に依存する。

同様なことが血流自体の直接測定ではないが、心室の容積脈動から心拍出量や駆出率などを求めている測定法についてもいえる。原材料は超音波心臓断層像なりアンギオ像で、心室辺縁の抽出手段にはいろいろな仮定や演算を含んだ電算器処理を要する。ここで5年前と現在の心内腔像とくにRIアンギオ像上で比べると奇異な感すらいなくほど実物らしく(?)みえてきた。これだけ明瞭な内腔像を示され、それを全面的に信頼すると決めればあれこれと新しい利用法も考えられよう。しかしRIアンギオで一番用いられているのが容積量自体より駆出率というのも意味あり気である。

そしてこれを利用するには、含まれている処理法の妥当性を世の流行の故でなく、本人が理論的に無理のないことを納得できたという条件があつてのことである。類似とみえる心内腔像でも超音波法、造影剤注入、RI 注入とでは記録している内容が同一ではないし、またそうである必要はないこと、すなわち方法の差による結果の本質の差を十分理解して、その特長を活用する点に留意すべきである。

いずれにせよ物理や化学の原理や法則を生物現象の計測や分析に応用するにはいろいろな現実面の障害があるのは事実で、実用機器はその間の妥協の産物で、このために開発研究が楽しいのかも知れない。

次にごく最近の NMR 応用の実例を挙げると、理工学系では $10^4 \sim 10^5$ ガウスという高磁束密度のもとでプロトンスペクトル記録には 10^{-9} の磁場強度の均一性の状態を、 ^{31}P の場合で 10^{-6} の均一性が必要である。そして入手できるものはスペクトル分布の定性測定というのが常識であった。この手法を上記の常識の枠から出て人体の内部構造を $1/10$ 以下の弱い磁場の中で、 $1/10$ 以下の磁場均一度の条件下で、スペクトルではなくてプロトンのスピン格子緩和時間 (T_1) の差として画像の形で示したのが NMR 断層像である。

理工学側定より弱くてより不均一な磁場を用いざるをえないのは生体やその部分という被測定物体の寸法が大形なため磁極間距離が広がるにつれて、強いそして均一な磁場密度を理工学用 NMR 同様にすることは理論的には可能でも磁石寸法、大規模変電所の追加新設を必要とする程度の磁場発生用の一定不変な励磁電流の供給や大量の冷却水などの面から現実化から遠のいてしまう。以上の点のある程度軽減する目的で超電導形磁石を用いることになると、極超低温を維持するための液体ヘリウムおよび液体窒素の大量消費を補う経費面の難題をかかえ込む。

そこで磁力が弱く 10^{-6} 程度の均一磁場中の T_1 の組織内差を画像化することは一応成功したとみ受ける。しかし、この T_1 を高周波磁場を重畳した後いつ測るかによって、組織相互間の T_1 の差は極言すれば如何様な組み合わせとしても表示することができる。この T_1 測定を行う時間

は入手した画像が X 線 CT や超音波断層像と対比してもっとも類似した時点に設定しているのが現用機の性能を左右する錠になっている。このままでは水分差などによる T_1 の差を表示できるという NMR の原理的特長、特質は十分に活用されているとはいえない。すなわち原理的に、本質的に全く異質の内容をみようとし、みえるはずだとしているものの、X 線 CT などによる画像を根本的に、また大幅に凌駕するところまで達した新技術の実現とはいいい兼ねる NMR の現状は残念である。英国からの報告をみても多数の臨床例に X 線 CT と超音波断層と NMR CT を併用して、既知の臨床診断についてかような像がえられ、他の 2 法による像とこう違うところが NMR CT の特長であるという形の発表をしている。技術の発展経過の一断面としては十分了解できるが何か欠けているように思えてならない。これは多分 NMR 法を画像に応用した面が目下前面に出ているからと思われる。 ^{31}P などのスペクトル分析による組織内代謝に関する情報が NMR 法の最大の特長で本命ではないかと思う。

この面は一部局所 NMR 法として実験に用いられ始めているが、まだ測定部位の焦点径が 15mm ほどに限定されており測定時間も検出するエネルギー量が少ないため数分～10分程度のデータの積算が目下不可避である。NMR 法の将来への期待は前述の断層像の上の特定部位に焦点を合わせて、その局所の代謝情報が抽出できる方向へ発展してゆくことであろう。このための手段はいろいろ考えられ、被検部位を空間的に移動させて決められた固定焦点に合わせる法や、焦点の方を電気的に走査して検出する法などが提唱されている。超音波ドブラ法の場合入射波のパルス化によって深さ方向の信号を、電気的に断層方向に超音波を走査して断層像を被検体を動かすことなく抽出しているのをみても、NMR の場合も電気的に一対のコイルによる焦点を走査できれば何かと便利であろうと想像できる。

ここにも理論的に頭脳の中で、また電算器などを用いた仮想計算上では実現可能とみても、現実の測定環境を考えると、物理的原理の実用化は並大抵ではない。ただ冴えた頭脳と資金力とを併用した努力に期待したい。

ポジトロンCTもぼつぼつ結果が発表されつつあるが、サイクロトロンとの併用という宿命を経済的に社会の要求に合わせられるかという技術以外の問題があるので、普及するとしてもNMR法に続く形になるのではないか。あるいは診断センター化によってサイクロトロン（小形な便宜的な形でなく、各種の核種の製産可能な形）を中央に置き、周囲にCTを扇形に配置することでも考えないと、独占欲に固執すると、どこも不十分な診断器の羅列展示場になってしまうであろう。

さて臓器の入口出口での血流情報の採取はわれわれに任せておいて、臓器内の組織や細胞レベルの血流の有効な利用に関する血流情報の判る日のくるのを楽しみに待ちたい。

III. 血流測定の進歩

各種の診断や治療、それらの評価分析などの思考の進歩とともに、医学の進歩は測定的技術の開発や発展に負うところが多い。これらと同時に経済状態の大幅な向上に依存しているところはなはだ大きいと考える。そして平和なことである。ただ残念な心残りの点はこれらの進歩の中に本邦にオリジナリティーを発するものはなはだ少ないことで、医療面に限らず電子製品ははじめ各分野での本邦の実用化、工業化の技術水準の高さと進歩の速度は他国に比すべくもない。ただ先進国に追い付けないのはソフトを含むオリジナリティーで、いまさら最初から努力するのではなく、あるレベルに達した内容を資金力で買収してそこから始めようという類もNMR法の例のように出現するに至った。

このような立場から振り返ると、オリジナリティー面で軍配が上り、現在に至るまでトップの技術水準を保ち続けてこれたのは阪大に発した超音波ドプラー法の生体計測への応用であろうと私は考える。ただしこの手技をパルス化し画像化への道を開いたのはシアトルグループであろう。

いずれにせよ技術的水準や普及からみて、本邦の超音波の医学応用は世界に誇ることができよう。その最大の理由は非観血的に血流情報や画像を提供しうるからである。しかしこの手段も小形で深在性の血管についての血流測定は、やはり物理学の法則の語るとおり困難が多い。すなわち小形の

対象物を検出するには使用振動数を高くせねばならないが、このことはすなわち組織を伝播中にすぐ吸収制動されて振動が消失して目標に到達できないということと同じことを意味する。最近超音波腹部断層との併用で腎動脈血流によるドプラー信号を実測したという報告を拝見したが、そのドプラー信号から腎血流の定量性、とくに病態での、を云々するには前述したいろいろな原因から問題が残る。しかし他の腎機能所見に加えて活用することはできよう。また超音波伝播の様相を逆に利用して、最近組織の硬さの分類が試みられている。原理的には振動伝播法という理工学面では衆知の測定法であるが、生体のような軟組織の硬さの判定にこの手技を使うなど理工学の人々は想像もしない例であろう。ただ軟組織間でどのくらい伝播特性差が弁別できるかに興味があるわけで、私の経験では大動脈の弾力性は血圧脈動につれて最高血圧と最低血圧とのあいだでヤング率上一桁に近い変化を測ったことがある。この面の超音波応用は癌化や硬塞の部位など、あまり実利面で急かずにじっくりデータを集積分析されることを期待したい。

一方米国に端を発した電磁血流計の進歩や普及は米国内のメーカー数の変遷をみても判るように、1955年ごろに正弦波と矩形波の両励磁方式の商品が東西海岸の各一社から発表し製造されたと想定される。それが1960年中後半ごろには実に30数社が製造販売していたが最近はその数社のみが残っている。本邦では1954年に井上・空閑らによって永久磁石を用い電源周波数で標本化し交流増幅する手段による報告の後、正弦波交流磁場(Kolin方式)による試作もあったと聞かすが、測定結果が見当らないで終わった。1957年に矩形波交流磁場方式が著者によって試作され、不安定ながら動作し多くの脈動血流量波形を発表した。1962年ごろ入内島・金井らによってKolin方式が試作され、その形が2社に引き続いて数台販売されたと聞かすが中止されてしまった。

1964年に矩形波方式の国産化が始まり現在に至るまで改良継続されてきた。諸外国でも結局矩形波方式が生き残った理由はゼロ流量位の安定化が正弦波電磁駆動よりやり易いからで、本邦では著者らによる時分割多重駆動方式の回路(1967年)

が原形となって現在の機種に至っている。

矩形波駆動方式の原理からみて、駆動周波数を100Hz程度と低くするとゼロは極めて安定であるが、血流速度信号の標本化周波数が下がるので左室拍出などの鋭い高速流速変動に应答できないこと、次に心臓付近の血管で測ると血流速度信号より数百倍大きい電圧の心電信号も標本化されて混入する。このECG混入度を目立たなくするには血流速度応答帯感をさらに狭めて10Hz以下にまでせざるをえないので、頂上の丸い心拍出曲線をえているのを通常良くみかける。数年前に著者らは血流波形を害せずにECG混入を自動打ち消しする回路を実用化したため、ECG混入はほとんど目立たない程度に抑えることができていた。この方式をダイヤル調整操作を取り去って測定の手順を自動化した型が最新形で、研究用機械を手術場に持ち込まぬように、1チャンネル臨床専用機種と研究用多チャンネル機種を区別した。

さて著者にも責任があると自覚しているが、それは脈動血流記録波形の取扱いについてである。最高流速、順また逆方向流、振動数成分の分析、流路後負荷のインピーダンスとしての取扱いなどの目的を除くと、脈動波形はスライドや図版を賑やかにする以外の意味を失う。それは一拍ごとの、また分時の平均流量や積算流量、いわゆるmlまたはml/minの数値を知るだけで目的を達する場合がほとんどではないかと想定するからで、脈動波形の利用法を再度よく考えるべきと反省している。

以上のように電磁法は検出方式に発想の転換がない限り、現方式による開発の余地はもうあまり残されてはいないように感ずる。

全く原理的に異なった血流測定が他にいくつかあって、将来性を囑望されているそのひとつは光ファイバーを介したレーザードブラー血流速計であろう。その理由はファイバーが極細のためにほとんど非観血的に、もしファイバーを上手に誘導できれば体内深部のはなはだ細い末梢血管にまで入り込んで測定できる可能性を秘めている点である。測定原理の理論的検討はほぼ終了したと思われるので、今後の実用化が待たれ、この方式は電磁や超音波方式とNMR法などとの中間を結ぶ役目がある。

次に生体組織や臓器のインピーダンスやアドミッタンス変動から流入出血流量を測る試みがある。私なりの偏見を述べると、幹状四肢や指の筋や皮フ血流量および血液貯留量の連続測定には拘束も少なく優れた手段とみる。しかし心拍出量測定や開胸術後の監視などに用いるというのは賛同しかねる。この目的ならば後述の熱希釈法の方を私は採用する。ただ定量性を追わずに肺野の部分的血液や体液の片寄りなどを局所に限って検出するには役立つであろう。

いずれにせよ心拍出量(CO)を知りたい時とは低COで周囲が騒々しい条件下であろう。計測の常として測定対象Sが周囲の雑音Nより同質でも大きければ、またSがNと異質ならば(X線、RI、超音波によるSなど)、SをNの中から分離して測れる。したがってクリティカル・ケアの時に低下したCOに撰択的に反応する手段を考え用いることができればもっとも冴えている。

注入液の血液の混合不十分、血管壁からの逃げなど悪口はいろいろ指摘されるが、低COでCOを迫るのはシュワン・ガンツによる熱希釈法がもっとも手軽で具体性があるといわざるをえない。その理由は欠点の裏返しで、すなわち注入点と検出点間が近いの一語につける、全体とは混合不全でも部分混合の形で検出され、再循環を考慮する必要がないなどの故である。

本法は精度はともかく、ラ音の出没、呼吸困難、浮腫などの程度の推移から心不全をみていた内科医にCO値を持たせた功績ははなはだ大きい。外科医は麻酔医を巻き込みながら低CO、即ショックとは宿命的な縁が切れないので、CO測定監視に昔から積極的だったのと対称的である。熱法の問題点として追加する点は、低COで希釈曲線がうまく記録できた結果CO値がデジタル表示されているかどうかはいささか問題を残す。対策は2~3回反復して判定する以外に手がないので困る。

熱の代わりにイオンやpHの希釈曲線も電界効果トランジスター(FET)をサーミスターのところへつけければ、混合不全はともかく動脈外への漏れの誇りからは逃げられる。このFETは PO_2 、 Pco_2 などの検出と複合できるのでこの種のマイクログセンサーの応用は今後いろいろあろう。カテ先端にX線や γ 線の検出器を付けて微量のRI

希釈をみるのも、光ファイバーを入れて短距離間の色素希釈法を復活させるのも可能で、精度は熱希釈の現状と大同小異と想像する。要は希釈法の成立条件である十分完全な指示薬の混合次第である。

まだ他にいろいろ模索すれば出てこよう。一例に止めるがサイクロトロンとの併用による短寿命RIの各種の利用が設備投資や、放射能管理をよく考えればいろいろ用途が考えられる。

IV. 血流計測の近未来

すでに述べたように、血液の供給があり、それが有効に使用され、損失なく循環し続けるためにはいくつかの条件が同時に成立せねばならない。そして繰り返しになるが、代謝交換と体温の維持がどのような、ただ耐える限度はあろうが、内的外的要求の変動に対して即応できているかを知るひとつの手段として血液流動量を測ってきたわけである。ここでやはり本当に知りたい内容は有効に使われ消費される血液の流量であろうが、医学がヒトの生命現象の解明を目的とするとはいえ、対象の多くが病めるヒトで、この辺の事情は理工学的分析や測定法の評価などと根本的な差異を感ずる。この辺の見きわめをはっきりしないと、体外循環回路の出力流量を高価な電磁血流計で測りかねない。送血ポンプが空転せぬ限り、送血量はポンプの設計値(管径×回転数)のとおりとすれば良いわけである。これまでの血流測定法が末梢の代謝情報を直接反映できないからといって、失望することはない。それぞれに負担があると割切って考えなおせば良いわけである。著者らの編集で1949年血流測定という単行本を出版したが、ここ約10年の発展は目覚ましく旧聞に属するようになってご同慶に耐えない。この面の洋書をもて新味がなく、浅く広くただ紹介したという内容がほとんどで、結果の活用法や、未来予測に触れたものは見当らない。逆にいうと血流計測の近未来はお先真暗なのだろうかと思えるべきか、一応できることはやりつくしたので静かな反省期にあるとみるか、代謝情報の入手法の発展があまりにもまぶしくてやや呆気にとられているのかも知れない。測定法の得失や精度などについてはすでにいろいろ私見を述べたが、やはり著者にとつ

て $X \text{ ml/min}$ だけしか使わない。また使えないのは勿体ないと思う。物事を行うには原動力を与えてある結果をえるが、ここで理工学的センスでは出力/入力という能率(効率)的な評価が必ず問題になる。そこで流量測定もその目的に役立つ情報を提供できれば大役を果たしたことになり満足する。しかしヒトの場合は心臓の能率でもSLの1/2以下と全く旧時代的機械であるが、これが有史以来存在するために人類が存続した。さらに詳しく、臓器別の能率を云々するには入力量は流入流量とその組成で、出力量を何で判断するかは心臓の対外仕事のように簡単ではない。

それでは流入量をどれだけ正確に知ることの意味があるのかを考えるとどうして良いか判らなくなる。ヒトでは一般論として低能率のポンプを使わざるを得ないが、いずれにせよ流路障害がなければ常に潤沢な血液量が全身に行き渡っていると想像すると、この時の全体または部分の血流量の評価をどうするかは一種の頭痛である。今後不全心の機能回復を助ける目的で、補助循環手段が実用化されるだろう。この時の送血量はどうすべきかは正確に測定する手段はすでに確立しているが別の問題である。この例を引用したのは血流測定の近未来の予測は、もちろんハードの一層の改良や開発もあろうが、現有機器を用いて生体現象をどう見るかというソフト面に進歩があるのではと期待したい。これは何も電磁血流計の開発が現方式では終焉に近づいたという個人的な理由だけとは考えていない。一例として血流の有無の判定に超音波ドプラー法を利用するのはきわめて便利であるが、使用者がその動作原理を理解していれば、何も大形で高価な超音波ドプラー血流計と銘打った機械を購入しなくても、懐中電灯形の産科の胎児心運動確認用のドプラー検出器で目的を達しうる。

血流計と銘打った装置のパネル面のツマミの類はいかにも何んでもできるとみせ掛けて、高額を頂くために相済まないと思わせる高級品らしく見せているに過ぎない。真に目的の明確な装置は電源と測定動作の on と off だけあれば良い。それには測定法が原理的に正しく、ごまかしがないことが条件である。これらの点は使用者の自覚を待ちたい。

文献 (全体に関連あるもの)

- 1) 沖野 遙 編著: 心機能とその指標. 南山堂, 東京, 1983.
- 2) 沖野 遙, 菅原基晃, 松尾裕英 編: 心臓血管系の

力学と基礎計測. 講談社, 東京, 1980.

- 3) 阿部 裕 監 修: 心臓力学. 朝倉書店, 東京, 1982.