

マイクロメートルサイズからミリメートルサイズの血液流動の研究 血球と脈波の研究で血流医学に貢献する

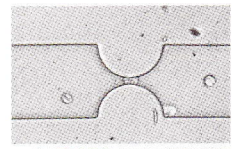
白井敦准教授

—私は、血液の流れに関する基礎研究をしています。心臓を出たばかりの血管は太さが10mm以上ありますが、血管は末端に行くにしたがって、木の枝のように分岐を繰り返しながら細くなり、最も細い毛細血管では太さが10 μ m(マイクロメートル=mmの1000分の1)以下になります。また、血液は、太い血管では水のように流れますが、その体積の約半分を直径が10 μ m前後の血球と呼ばれる固体成分が占めているため、血管が細くなるにしたがって個々の血球の動きが血液全体の流れに大きな影響を与えるようになります。とくに、血球よりも細い毛細血管では、血球が大きく変形しながら血管を通過するため、血球の固さが全体としての血液の流れに大きな影響を与えます。また、太い血管では血液は心臓の拍動に合わせてどくどくと脈を打つように流れますが、末端に行くにしたがってこの変動は小さくなります。

—このように、一口に血液の流れといっても、部位によってその取り扱いが大きく異なります。この中で私は、毛細血管、とくに、肺の毛細血管における好中球の挙動を解析しています。好中球は白血球の一種で、急性感染が起きると病巣に集まって病原菌等を捕食する、人体の免疫反応の最前線で戦う細胞です。この好中球は、血球成分のほとんどを占める赤血球に比べて数が1/1000以下と非常に少ないですが、肺の毛細血管網では、健康な状態でもその濃度が非常に高いことが知られています。その原因として、これまでの研究において、好中球が比較的固い(変形しにくい)ために毛細血管の通過に時間がかかることが挙げられていますが、それだけが原因なのか、呼吸によって毛細血管の太さが変わったらどうなるのか、また、病原菌が侵入した場合にどの様に好中球が集ま

るのかなど、明らかになっていないことが数多くあります。肺の毛細血管網における好中球の流動は、外気から病原菌等が侵入しやすい肺における免疫機構の解明のための最も基礎となります。そこで、流体力学の理論を使ってこのような疑問にアプローチし、肺の毛細血管内の血流をコンピュータ上に再現して免疫反応のメカニズムを解明することが私の研究目標です。そのために、理論、実験の両面から好中球の挙動を解析し、シミュレーションモデルの開発を行っています。この研究の積み重ねにより、まだ知られていない血流の謎が解明される日が来ると期待しています。

—もう一つ私が研究しているテーマが、脈診と呼ばれる中国伝統医療です。手首の動脈は太さが数mmあり、そこに指を触れると血液の脈動(脈波)を感じることが出来ます、この脈波の特徴から病気を診断するのが脈診です。近年、患者への負担の少ない、個々の患者に合わせた診察・治療手法として東洋医学をはじめとした伝統医学が注目され、これを西洋医学と融合させた統合医療という考え方が広まってきました。しかし、伝統医学は長年の経験則の積み重ねで構築されたものあり、西洋医学と異なり、科学的根拠が明らかになっていないものが多くあります。私は、脈診をコンピュータ上で再現し、種々の病変に対して、何が原因となって、どのように脈波波形が変化するかを系統立てて解明したいと考えています。そして、脈診で得られる脈波波形と病変との関係を理論的に明らかにすることで、この研究が伝統医学と西洋医学の架け橋の一つになると期待しています。



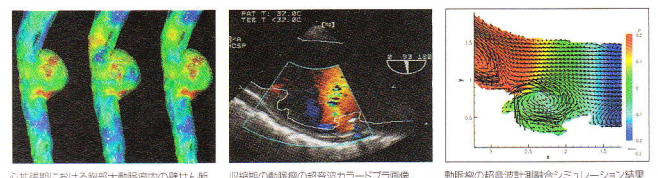
疾患や障害に対する血流計測と数値解析の融合 血行力学の情報をリアルタイムで診断情報として医師に提供する技術

船本健一助教

—患者さんのリアルタイムの血流や血管壁に作用する力(血行力学)の情報を、医師に診断情報として提供しようというのが私の研究です。血流の情報を得るには、MRI(磁気共鳴法)やDSA(X線利用法)などがありますが、私が主に用いているのは超音波ドプラ法です。超音波を血管に向けて発射し、そのエコーを計測することで、血管の形状や内部の血流の速度などの情報が得られます。

—こうして得られた血流の情報を、コンピュータ上の血流シミュレーションモデルに入れて計算するのですが、計算条件などのモデルの不正確さに起因して、計測結果と数値シミュレーション結果の間に誤差が生じます。この誤差を、数値シミュレーションにフィードバックの手法を導入して補正します。計測と数値シミュレーションを融合することによって情報の精度を高めていくのは、本研究所が世界に先駆けて取り組んでいる手法です。

—このようにして得た精度の高い血流情報や、それから求められる血管壁に作用する力の情報を医師に提供し、その場で医師が診断を下せるまでにしようとしているのです。具体的に言いますと、例えば、超音波で得た動脈瘤の患者さんの血流情報をコンピュータに入力すれば、その動脈瘤がいつ破裂してもお



かしくない状態にあり手術が必要なのか、それともあと数年は放置しても大丈夫なのか、その診断がリアルタイムで下せるようになるということです。最近、診断のみならず、動物実験にもこの手法を応用し、血流が深く関係している疾患や障害の機序の解明にも取り組んでいます。

—最終的な装置の形としては、一般のPCでも実現できる程度の診断システムが理想的です。それが難しければ、どこかにホストコンピュータを置き、それを診察室のPC端末(診断装置)とオンラインで繋いで計測結果を転送し、ホストコンピュータで得られた計算結果や血流の映像を端末に送るという形になるかもしれません。このシステムが実現されれば、循環器系疾患など血流と密接に関係している疾患や障害の診断レベルは飛躍的に向上すると期待しています。