

「音で心臓を診る」 Non-invasive Cardiology の確立を目指して



田中元直

結核予防会宮城県支部

[略歴]

昭和33年3月 東北大学医学部卒
昭和54年10月 東北大学抗酸菌病研究所教授
昭和62年6月 東京工大精密工学研究所教授
平成6年9月 東北厚生年金病院院長
平成10年6月 結核予防会宮城県支部支部長

「音で心臓を診る」方法はX線CTやMRIなどの近代科学の粋を集めた診断法が常用されるようになった現在でも「聴診法」として日常診療で重要視され、またその道具としての「聴診器」は医療のシンボルになっている。とくに呼吸器、心臓血管の異常の診断には不可欠の方法である。私が医学部を卒業した1950年代では結核を始めとする感染症が猛威をふるい、それに伴う弁膜症あるいは先天性心疾患が多かった。結核検診の際に肺血管影の増加を伴う所見が多く検出され心臓疾患との鑑別と心臓病のより詳細な診断が要求されるようになった時代であった。しかし、この頃は、心電図法もオシログラフによる撮影式で双極肢誘導であり、心臓カテーテル法も右心カテーテル法が導入され始めた時期で、心臓疾患の診断の多くは聴診法に頼らざるを得なかった。このような背景のもとで、心臓病の診断の精度を高める方法の一つが聴診法の客観化であり、心音図を始めとするメカノカルジオグラフィーの方法論であった。

東北大学では古くからME関連の研究が盛んであり、昭和元年に「マグノスコープ」と名付けられた電気聴診器が東北大学電気通信研究所の抜山教授により考案されており、私が東北大学抗酸菌病研究所内科に入局した頃には呼吸音の研究に利用されていた。その性能の素晴らしさは世界一であり、すでにhigh pass filterによる多段階方式が行われていて、これを心音図法に適用するのは極めて容易であった。1958年以来心音図の研究を積極的に進め、臨床的意義も確立されていった。しかし心音図法を臨床的機能診断法として確立するためには、心音心雑音の音源探査が出来るようにすること、発生機序を解明すること、心音心雑音の伝搬媒体としての胸腔内組織と胸腔の音響特性と伝搬特性を知ることなどが不可欠となった。ところが、そのようなデータは何処にも記載されていないし、報告もない。自分らで測定するしかなかった。そこで、心音心雑音研究で指導して頂いていた、東北大学電気通信研究所の菊池喜充先生にご相談に伺った。先生から「音を利用」して生体を測るのであれば「超音波」が使えるであろうと示唆を頂いた。先生は当時の超音波研究の世界的権威でもあった。教室にあった金属探傷機をお借りして胸に当てたら、何やら左右に動くA-modeの画像が見えた。

これが、超音波に接した最初であり1961年頃である。直感的に使いそうだという感覚はあった。実用化には大変な苦勞があると思うが、やる気があるなら協力しよう。装置のことについては、日本無線に行き内田さん、萩原さんに相談してみるとよい、と紹介状を頂き、日本無線医理学研究所を訪ねた。そこで、内田氏から超音波の診断的応用を順天堂大学の和賀井先生と共同で行っていることを伺い、超音波を応用すれば生体の断面像を描かせることができる可能性を知った。1962年、文部省の科学研究費を受け心臓診断への超音波の応用研究が始まった。当時すでに、EdlerらがM-mode法を、仁村らがDoppler法の応用研究を始めていたが心臓内構造を描写する方法については誰も手掛けていなかった。

複雑な構造で、絶えず動いている心臓を画像化するには極めて多くの困難があった。その第一は画像の分解能を上げる為の超音波音場のcontrol 法であった。東大生産技研の鳥飼教授のご指導を頂いて、診断用超音波では(振動子半径)² / (曲率半径 × 波長) < 4 の範囲のものを使用すればよいことを突き止めた。それによって近距離音場が改善され、1964年心臓断面の描写に成功した¹⁾。また、心音心雑音の伝搬媒体である心臓血管系や胸部臓器組織の音響特性を追求する方法として電気通信研究所の中鉢教授と本多電子株式会社の協力のもと、200MHzの生体用超音波顕微鏡を開発した。これによって、病的組織も含めて音響特性を測定

し梗塞心筋や変性心筋の鑑別ができることを証明して超音波による非観血的な組織性状診断の可能性を明らかにした²⁾。

他方、心音心雑音の発生機序の解明と雑音源の探査を可能にするには心臓大血管内の血流構造とその動態とを明らかに出来ることが必要になった。その目的には超音波ドプラ法が利用できる可能性があった。菊池喜充先生から、同門であられた東工大の実吉純一教授のところで導水管内の流れの測定にドプラ法を応用する研究をしているので相談したらよいだろうとの示唆を頂き、奥島先生、大槻先生を紹介頂いた。大槻先生の考案されたM系列変調方式の超音波ドプラ法の応用研究を開始した。心臓断層法の時と同様に収束超音波を作るのに困難があったが、大槻先生のリング関数理論で解決でき、この方法によって心臓内の任意の場所で血流からのドプラ信号を捕えられることが確認され、大動脈弁閉鎖不全の拡張期雑音や弁膜症、中隔欠損症などの収縮期雑音の音源となる振動が確定できるようになった。その後、この変調方式はパルス変調方式へと進化させ、ドプラ信号の表示法も、マルチチャンネルのヘテロダイン分析による表示法からレーダーで使われていたMTI方式による表示法へと進化させカラードプラ法へと発展させ、雑音源となる異常血流の検出が容易になった³⁾。超音波によって心臓内血流構造が解明できるようになったことは、臨床面での応用を飛躍的に発展させられる端緒を与えた。ドプラ法により速度分布が分れば、加速度、力、圧力などの分布が判り、心臓のポンプ機能の評価が出来ることになる。即ち、ポンプ機能の画像化表示が可能になることが示され、Echo-Dynamographyとして実用化の方向への研究が開始されたのが1975年頃からである。約30年の歳月を経てこの方法は血流構造と心機能の画像化法として役立ってきている⁴⁾。

このようにして、心臓領域での超音波の診断的応用は、一方では、パルス反射法を基にして、心断層法とM-mode法とによって構造異常の定量評価診断が展開され、他方ではEcho-dynamographyとして超音波ドプラ情報のコンピュータ処理による方法で血流構造、血流量分布、圧力分布、心筋の収縮弛緩状況など心臓機能を画像化して定量評価診断できる方向へと展開されてきている。

このように多くの工学系研究者の協力によって、循環器領域、特に心臓疾患では心電図法、心エコー図法、Echo-dynamographyなど、non-invasiveな方法で90%近くは診断できるところまで来ている。しかし、非観血法によるnon-invasive Cardiologyの確立にはなお多くの研究課題が残されている。

心血管系の機能は精神、神経機能の影響を受けやすい。したがって、その診断には自然のままの状態で、すなわち、可能な限り、無痛、無刺激、無侵襲で計測し評価する必要がある。しかし、これまで、そのような環境下で測定されたデータは少ない。Non-invasive Cardiologyが必要な理由である。その為の方法論として弾性波である超音波の物理的性質を応用することは極めて重要で意義が大きい。しかし、さらなる応用の展開を測るには超音波の持つ特徴を十分に勉強し、工学系研究者とともに、境界領域の研究を更に発展させ、その特徴を最大限に生かす工夫が必要であろう。これからの若い学徒諸君に期待したい。

1) 田中元直;超音波心臓診断学、第1版、1978、メディカルエレクトロタイムス社、東京

2) F Dunn, M Tanaka, S Ohtsuki, Y Saijo ;Ultrasonic Tissue Characterization, 1996, Springer-Verlag, Tokyo

3) 千田彰一編;超音波医学の先駆者たち、第95回日本超音波医学会、創立40周年記念。日経メディカル開発、2002年6月

4) Tanaka M. Historical perspective of the development of echo-cardiography and medical ultrasound. In: Schneider SC, Levy M, McAvoy BR, editors. Proceed of the IEEE Ultrasonics Symp. vol.2. NewYork : IEEE Inc. ; 1998, p.1517-24

Feb.2002IEEE Available:<http://www.ieee-uffc.org/ultrasonics/teaching/us0000.pdf>