

1

心エコー検査を行うための基礎知識

STEP

1



超音波装置

周波数選択

超音波とは、周波数が 20kHz 以上の、人間の耳にはきこえない高周波数の音波である。超音波は生体内を伝搬したり体内で反射したりするので、それを利用して体外から体内の情報を得ようとするのが、超音波診断装置である。物理的には“波”であり、超音波でも光や電波と同様、その波長 (λ)、周波数 (f)、および伝搬速度 (C) の間には、

$$C = f \lambda$$

なる関係が成立する。波長は超音波装置の分解能に影響する重要な因子であり、装置の距離分解能の限界は波長により規定され、実際の装置ではパルス幅〔波数 (n) と波長 (λ) の積〕で距離分解能は決定される。すなわち、高い周波数の超音波を使用するほど装置の分解能は向上する。しかしながら、波長が短いと散乱と吸収により超音波の生体内での減衰が大きく、超音波が到達しにくくなるため、深部の観察が困難となる。一方、低い周波数の探触子の超音波透過性は高く、深部観察が良好になる半面、分解度の低い画像となる。臨床では、心尖部の肉柱や血栓の評価には周波数の高い接触子を用いると、心尖部の描出がよくなり評価しやすくなることがある。また深部の観察が困難である場合には、到達深度の深い低周波数の探触子に切り替えてみる (図 1-1)。

現在の心臓超音波診断装置では広帯域の送受信が行える振動子が採用されており、通常中心周波数 2.0~7.5MHz の周波数振動子が用いられている。

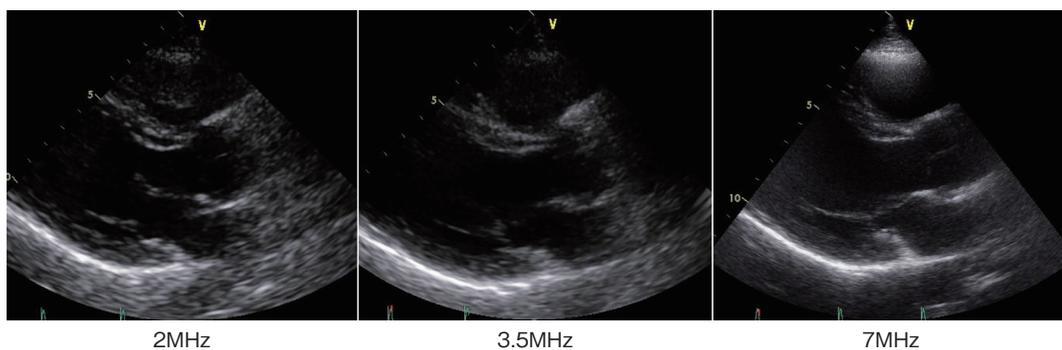


図 1-1 各周波数による傍胸骨長軸断面画像

高い周波数の超音波を使用するほど分解能は向上するものの、深部の観察が困難となる。一方、低い周波数の探触子では深部観察が良好になる半面、分解度の低い画像となる。

ゲイン調節

ゲイン設定は超音波画像の画像全体の信号レベルを変化させ、明るい画像あるいは暗い画像を構築する機能である。ゲインの上げ過ぎは、ノイズが出現し、ゲイン不足は心内膜など弱い部分の情報が欠落した画像になる。心腔内は黒く抜け、心内膜面が明瞭に描出されており心筋内の実質エコーも良好に描出されているのが、適正ゲイン設定画像である（図 1-2）。

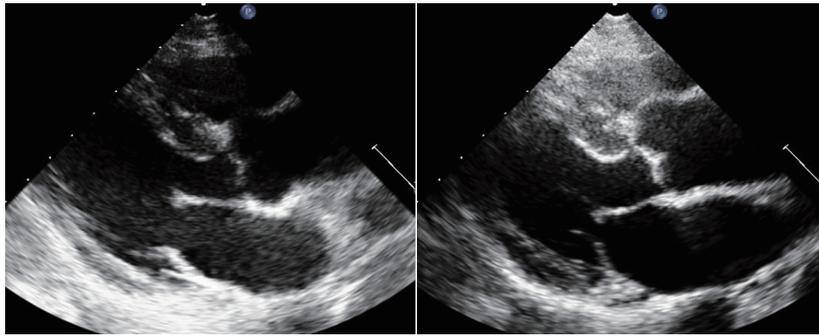


図 1-2 ゲイン調節

左：ゲインの上げ過ぎでノイズが出現している。中央：ゲイン不足で心内膜など弱い部分の情報が欠落している。右：心腔内は黒く抜け、心内膜面が明瞭に描出されており、心筋内の実質エコーも良好に描出されている。

Sensitivity time control (STC), または time gain control (TGC) の調整

超音波は、音の特性上、生体内で減衰するため、探触子からの距離により反射信号強度が異なる。すなわち、近距離音場からの反射エコーは強く、遠距離音場からの反射エコーは弱くなる。STCあるいはTGCは、各深さからの反射信号に対しゲイン補正が加えられる機能である。一般には、近距離音場からの反射信号は絞られ、遠距離音からの反射信号は増幅される（図 1-3）。そして、エコー輝度バランスの取れた全体画像がモニター上に描出される。機種によっては lateral gain control (LGC) 機能を搭載している装置もあり、一般には両側画像のエコー輝度のゲイン補正に用いられる。



遠距離オーバーゲイン

近距離オーバーゲイン

図 1-3 STC の調節

左: far gain が過大のためノイズが出現している。

右: near gain が過大のためノイズが出現している。

ゲイン調整の際の注意点としては、アンダーゲインでは情報が欠落するため、どんな専門医が読影しても、ない情報では判断できないことである。初心者の場合にはややオーバーゲインで記録することが望ましいと思われる。

Point 1 ★

観察する構造物に応じた周波数選択とゲイン調整を行う必要がある。明瞭な画像は、正確な心エコー診断につながる。

STEP
2

★
心臓の形態

左心系と右心系では、その果たすべき役割が異なり、その形態も大きく異なっている。左心室から駆出された血液は体動脈を経て脳、心、腎など諸臓器に分布し、右心系は肺動脈から肺へ分布する。拍出された血液は左心系から右心系へ、また、右心系から左心系へ移行し閉鎖循環系を形成する (図 1-4)。

心エコーでは、この閉鎖循環系の指標を間接的に推定することができる。

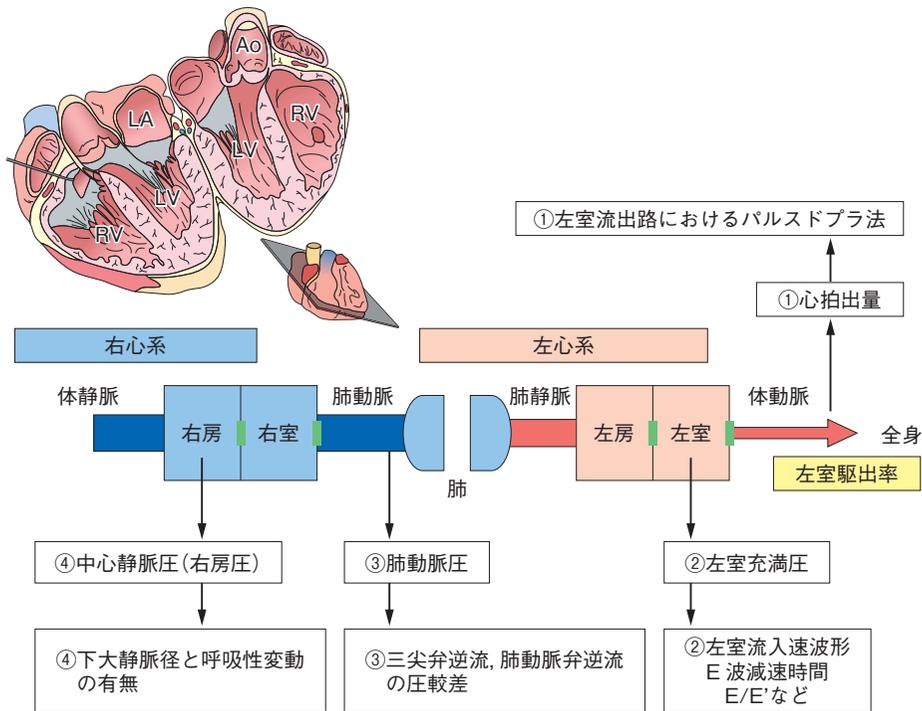


図 1-4 閉鎖循環系と心エコー検査

心エコーでは、非侵襲的に各指標を推定することができる。

LV: 左室, RV: 右室, Ao: 大動脈, LA: 左房

左心系 (表 1-1, 2)

左心系の主要な働きは、脳をはじめ全身の臓器・組織に、肺で酸素化された動脈血を送り出すことである。左心室はラグビーボールのような回転楕円体で、流入路と流出路は近接し、筋層は厚く高い末梢血管抵抗に対して血液を送り出すことが可能な形態をしている（圧ポンプ）。体血管抵抗は肺血管抵抗の4～5倍で、左心室は右心室よりも高い圧を生み出すが、血管床を右心系と比べると、肺静脈は体静脈の血管床の1/10にすぎず、左心系ではうっ血症状が生じやすい。さらに、拡張期コンプライアンスがきわめて低く、容積が増えすぎた際（容量負荷）に機能不全となりやすい。

右心系 (表 1-1, 2)

右心系の役割とは、体静脈を介して全身からの血液を集約し、血液酸素化のために、肺動脈を介して肺へ送り出すことである。右室の形態は心尖部を頂点とし、心室中隔が張り出した三角錐状で、その断面は三日月形という複雑なものである。また、流入路と流出路はやや離れており、その内腔は肉柱が発達している。このため左室のように適当な立体への近似ができず、容積の定量評価が困難である。右心系は左心系よりも血管抵抗が低いため、右室の仕事量は左室よりも小さい。このためコンプライアンスが高く、容積が増えても十分対応が可能であるが、高い圧にさらされた際（圧負荷）に機能不全になりやすい（容量ポンプ）。さらに、低圧系であるために周囲の影響を受けやすいという特徴をもち、吸気時には胸腔内圧の低下に伴って、右心血流増加と血圧低下がみられ、呼気時にはその逆となる。このた

表 1-1 左右心室の形態と機能の対比

	左心室	右心室
形態	回転楕円体	三角錐
流入・流出路	近接	やや解離
心室壁	厚い (2~3 倍)	薄い
発生圧	高い (4~5 倍)	低い
収縮時間	短い	長い
コンプライアンス	低い	高い
ポンプ特性	圧ポンプ	容量ポンプ

表 1-2 左心・右心の血管系の対比

	左心系	右心系
静脈系	肺静脈	体静脈
血管床 コンプライアンス 主な臓器	小 低 (1/6~1/7) 肺	大 (約 10 倍) 高 消化器, 肝, 全身諸臓器
動脈系	体動脈	肺静脈
血管抵抗 主な臓器	高い (約 4 倍) 脳, 心, 腎, 全身諸臓器	低い 肺
動静脈圧格差 循環時間	80~90mmHg 約 25 秒	5~10mmHg 4~5 秒

め右室機能を評価するときには、呼吸時相との関係を念頭におく必要がある。さらに、右室と左室は心室中隔を共有しているため、右室収縮の半分近くは左室（心室中隔）に依存しているといえる。したがって左心機能低下はそのまま右心機能低下にもつながってくる。逆に右心負荷のために心室中隔が圧排されると左心機能低下をきたすことにもなる。また、心膜はコンプライアンスが低く、急激に拡張することができない。したがって、急速に心嚢液貯留が起こると心臓全体に拡張障害をきたすが、低圧である右心系により顕著に障害が現れることになる。

Point 2 ★

左室と右室は、果たす役割の違いから、形態が大きく異なる。左心室は圧ポンプとして、高い末梢血管抵抗に対して血液を送り出すことが可能な形態をとるため、比較的圧負荷には強いものの、高い容量負荷が加えられると、肺うっ血をきたしやすい。一方、右心室は容量ポンプであり、逆に、圧負荷に弱い傾向がある。