

図2 J波を有する患者の、心外膜における電気活動の記録 (文献⁸⁾より引用改変)
 V₄誘導でJ波を有する患者において、冠動脈バイパス手術施行時に心外膜での電気活動を記録したもの。赤色の帯で示された前側壁と後下壁の広い範囲において60 msec以内という短時間で脱分極が完了しており、この領域における単極心電図波形のなかには、急峻な立ち下がりの後に著明なJ波を認めるものがある。すべてのJ波は、その部位における脱分極が終了した後の時相において認められる。
 LAD: 左前下行枝, PDA: 下行後動脈
 A: 前側壁 / B: 後下壁

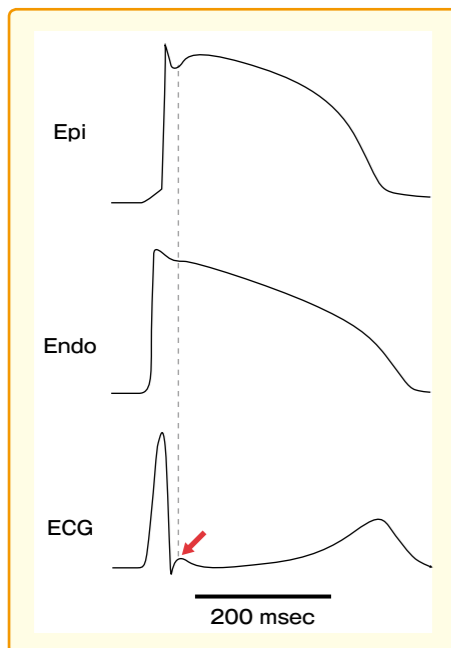


図3 心内膜側 (Endo) と心外膜側 (Epi) における活動電位波形の違い (文献⁹⁾より引用改変)
 心内膜側 (Endo) より脱分極が開始しているが、心外膜側 (Epi) においては主にI_{to}を介した外向き電流によってnotch (→) が形成されることにより、再分極相の早期において貫壁性の電位差が生じ、J波が形成される。

示したのが Antzelevitch ら^{6,8)}であり、**図3**に示すように心内膜側と心外膜側との間で活動電位の波形に差があることでJ波が生じるとした。すなわち、心外膜側では、カリウム (K) チャネル (I_{to}) を介した一過性の外向き電流によって活動電位の早期における notch が形成されるのに対して、心内膜側においては notch が存在しないことから、再分極相の早期において貫壁性の電位差が生まれ、心電図上J波が認められるようになる。これに関連して、I_{to}の活性や心室の興奮伝播様式に対して影響を与えるファクターにより、心電図上のJ波に変化が生じることも示されている⁹⁾。I_{to}を介した外向き電流による notch が大きければ、より顕著なJ波が形成されるのに対して、notch が小さい場合はQRSの終末部においてJ点の上昇を伴う slur といった形態をとる (**図4**)。

J波と突然死について

J波やJ点の上昇に関して、その心電図所見自体は古くから認識されており、健常人の間に一定の割合で認められる“正常重型”とされてきた¹⁰⁾。ところが、1984年に Otto ら¹¹⁾が器質的心疾患を伴わない若年男性で夜間にVFを発症した3例について、唯一認める心電図異

における脱分極が終了した後の時相においてみられることから、Boineau らはJ波が再分極相での異常を意味しているものと考察した。
 J波の成因を、細胞やイオンチャンネルレベルで実験的に

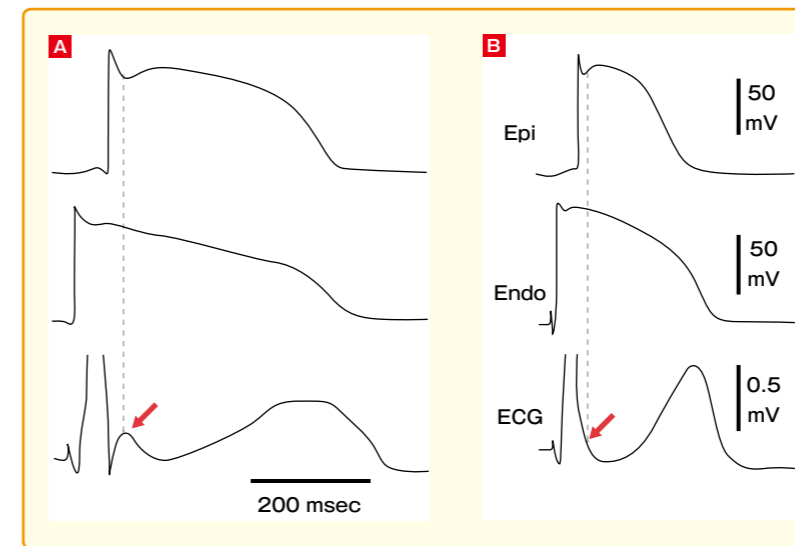


図4 活動電位波形の違いによって生ずるJ波の違い (文献⁸⁾より引用改変)
 Aでは心外膜側 (Epi) におけるnotchが大きいため心電図上も顕著なJ波を認めるが、Bではnotchが小さいためにQRS終末部におけるJ点の上昇およびslurを伴った形態をとる。

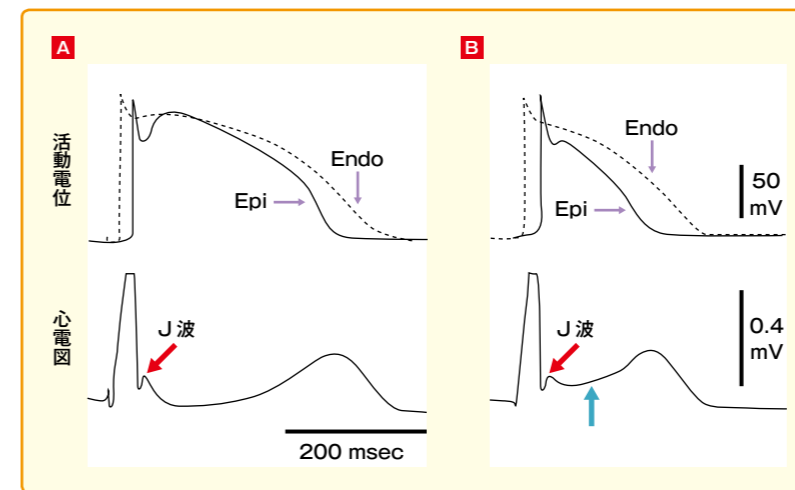


図5 心外膜側 (Epi) における外向き電流の増大と内向き電流の減少による心電図変化 (文献⁹⁾より引用改変)
 Epiの活動電位におけるnotchによって、心電図上J波 (→) を認める (A)。これに、Kチャンネルを活性化させる働きを持つピナジジルを用いることにより、Bに示すようにEpiにおける外向き電流が増大し、notchが深くなっている。その結果、Caチャンネルなどを介した内向き電流が減少してnotch後にみられるdomeが減高し、心電図上はJ波に続くST上昇 (→) を認めている。



図6 心外膜側の活動電位におけるdomeの消失
 心外膜側において、主にKチャンネルを介した外向き電流の増大が進むと、ついで内向き電流が消失し、活動電位の波形としては、点線で示したnotch後のdomeが消失し、実線で示したような形となる (loss of dome)。

流によって形成される特徴的な活動電位の波形によらずれば、**図5**に示すように、外向き電流が増大することにより心電図上J波やST上昇はより顕著となる。また、さらに再分極の早期における外向きの電流が増大すると、心外膜側の活動電位においてnotchの後にみられる、主にカルシウム (Ca) チャネルを介した内向きの電流が形成するドームが消失し (loss of dome)、**図6**に示すような活動電位の波形となる。そして、心外膜側の異なる部位においてこのような活動電位の差が生じることにより、notch後のdomeを有する部位から、これが失われている部位に向かって興奮伝播が生じ、連結期の短い期外収縮に繋がるのが実験系において示されている (**図7**)¹²⁻¹⁵⁾。Antzelevitch ら¹⁵⁾はこのような期外

常がST上昇を伴った著明なJ波であったことを報告して以来、J波のすべてが必ずしも予後良好であるとはいえない可能性が示唆されるようになった。
 先に述べたようにJ波やそれに引き続くST上昇の成因が、心外膜側における、主にI_{to}を介した外向きの電