



Title	心発電体モデルによる心電図のシミュレーションに関する研究
Author(s)	堀, 正二
Citation	大阪大学, 1978, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/32387
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【 6 】

氏名・(本籍)	堀 正 三
学位の種類	医学博士
学位記番号	第 4327 号
学位授与の日付	昭和 53 年 5 月 12 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	心発電体モデルによる心電図のシミュレーションに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 阿部 裕 (副査) 教授 川島 康生 教授 中馬 一郎

論 文 内 容 の 要 旨

〔目 的〕

Wilson の等価二重層の概念が発表されて以来、心電図波形の成り立ちについて多くの研究がなされてきたが、心筋細胞の活動電位と心電図の関係は理論的に未だ十分に明らかにされていない。とくに、再分極過程を表わす T 波については、心筋傷害や心筋虚血における重要な臨床的指標として重視されているにも拘らず、その成因に関する理論的研究は極めて少ない。

Wilson は、陽性 T 波の成因は心筋興奮時間の不均一性に基づくものであると示唆し、これを Ventricular gradient (以下 VG と略す) と名付けた。その後、VG の存在は実験的に示唆されているが、VG と T 波の極性については満足すべき理論的検討は得られていない。

本研究では、心臓形態と興奮伝播過程を模擬した心発電体モデルを作成し、心筋活動電位から心電図 (QRS-T 波) をシミュレーション法により構成することにより、心電図波形の成立機序および VG と T 波の関係について電気生理学的理論の立場から検討した。

〔方 法〕

胸壁面心電図を構成する主要な因子は、(i)心臓の形態 (ii)刺激伝導系の立体構築にもとづく興奮伝播特性 (iii)心筋各部位の活動電位 および、(iv)興奮部位から観測点までの間の伝達特性などであるが、VG が心電図 T 波に及ぼす影響を検討するためには VG と心筋各部位の興奮状態との関係が定量的に求められるモデルの作成が必要となる。

そこで、本研究では心臓の両心室を異心中空球体にてモデル化し、心内膜には刺激伝導系 (プルキンエ線維) を一様に分布させ、他は固有心筋から構成した。心発電体モデル内における興奮伝播につ

いては次の仮定を設けた。

- (i) 刺激伝導系および固有心筋層内では、興奮伝播速度は各々均一である。
- (ii) 興奮の伝播には方向指向性がなく、伝導時間が最小の経路を伝播する。
- (iii) 興奮は心室中隔の下端すなわち、心尖部内側より開始する。

これらの仮定により、心筋内の任意の一点における興奮開始時刻は、その点の位置、興奮伝播速度の関数として解析的に求められる。また、WilsonのVGの概念にもとづき、活動電位の持続時間は心内膜側から心外膜側に向って β msec/cmずつ短縮するものとした。したがってVG (β)を設定すると、各点の興奮終了時刻が決定されるので、脱分極と再分極の進行方向のなす角 (θ) も解析的に得られる。

心筋活動電位はHoffmanらの実測波形にもとづいて第0～3相を関数近似して入力し、VGは第2相を β msec/cmずつ短縮することにより与えた。

一方心発電体モデル外の一点において観測される電位は、モデルが均質無限導体中に存在するものと仮定すると、興奮面 (ds) における双極子モーメント (ϕ) と興奮面が観測点において張る立体角 (ω) の積で表わされるので、各興奮面の興奮開始時刻と各時刻の双極子モーメント (活動電位) から、各時刻において観測される電位 (心電図) を求めた。モデルの立体的配置は健常成人のそれにもとづき心発電体モデルに生理学的な回転を加え、標準的な誘導波形をシミュレートした。

[成 績]

1. 本モデルにより構成された標準12誘導心電図 (QRS-T波) は、種々の位置変化 (水平位、垂直位など) に対しても臨床的に観測される波形と基本的に一致し、VGの導入により左側胸部誘導で陽性T波が得られた。
2. 解析的に得られた θ (脱分極と再分極の進行方向のなす角) と β (VG) の関係は、シミュレーションにより平均QRS, Tベクトルから得られたQRS-T夾角と β の関係とはほぼ一致し、両者間に、双曲線類似の関係が得られた。すなわち、 β が大きくなるとQRS-T夾角は小さくなり、正常人でみられるQRS-T夾角 (20～140°) では β (VG) は10—40msec/cmであることが示される。また、この範囲では β の僅かの変化がQRS-T夾角を大きく変化させ、これは、T波の易変性とよく一致した。
3. VGのみならず、刺激伝導系と固有心筋の興奮伝播速度の比がT波の極性に大きく影響を与えることが示唆された。

[総 括]

異心中空球体モデルにより、刺激伝導系の構築に基づく心発電体をコンピュータにより作成し、心筋活動電位から心電図QRS-T波のシミュレーションを行なった。

Wilsonの概念にもとづいて、心内膜側と心外膜側間にVentricular gradientを設定すると左側胸部誘導で陽性T波が得られるのみならず、胸部内の心臓の立体的配置を考慮することにより、臨床的に観測される標準12誘導心電図波形がシミュレートでき、本モデルにおけるT波構成理論の妥当性が確認された。シミュレーションにより得られたQRS, Tベクトルから、生理学的なQRS-T夾角に対するVGは10～40msec/cmであり、僅か10msec/cmのVGの存在でT波が陽性化することが示された。

さらに、臨床上みられる T波の易変性が V G の立場から明らかになり、興奮伝播速度の変化が T波の極性に影響を与えることを理論的に証明できた。

論文の審査結果の要旨

本研究は心筋細胞の活動電位波形から心電図波形 (QRS-T波) をコンピュータにより構成し、とくに陽性 T波の成因を理論的に明らかにしたユニークな研究であり、医学博士の学位を授与する十分な価値があるものと認める。また、かかる研究は新しい研究方法を示唆するものとして医学界に寄与するものが大きいと考える。