



The relationship between the incision line and position of the latissimus dorsi muscle for subcutaneous implantable cardioverter - defibrillator intermuscular implantations

園田，祐介

(Degree)

博士（医学）

(Date of Degree)

2023-09-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第8730号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100485914>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(課程博士関係)

学位論文の内容要旨

The relationship between the incision line and
position of the latissimus dorsi muscle for
subcutaneous implantable cardioverter-defibrillator
intermuscular implantations

皮下植込み型除細動器の植込みにおける
切開線と広背筋の解剖学的位置関係の検討

神戸大学大学院医学研究科医科学専攻
循環器内科学不整脈先端治療学
(指導教員: 平田 健一 教授)

園田 祐介

【背景】

植込み型除細動器（ICD）は心臓突然死を防ぎ、生命予後を改善する。経静脈リードを使用する ICD システム（Transvenous-ICD [TV-ICD]）が開発され、1990 年代以降広く使用されてきた。TV-ICD システムでは、リードは鎖骨下静脈から右心室に留置されるため、心筋穿孔や血管損傷、血行感染の潜在的リスクが課題であった。その課題を克服するため、皮下植込み型 ICD（Subcutaneous-ICD [S-ICD]）が開発され、2000 年代以降臨床使用されている。S-ICD システムは、剣状突起上部から胸骨前面皮下に留置されたリードと、左側胸部に留置する S-ICD ジェネレータ本体で構成される（補足図）。TV-ICD と同等の突然死抑止効果と安全性を示し、特に心血管内に留置物がなく、血行感染のリスクが極めて少ない。しかし、S-ICD は皮下植込み故に、心腔内にリードが留置される TV-ICD に比べ、心室細動を除細動するために高いエネルギーを要する。実際、TV-ICD の最高出力は 40 Joule、S-ICD は 80 Joule に設計されている。S-ICD システムでは、前胸部皮下リードと S-ICD 本体の間に在る身体組織を少なくすることで除細動に要するエネルギー（除細動閾値）を低減できる。即ち、リードは胸骨前面に接し、S-ICD 本体は側胸部胸郭近くへの留置が望ましい。現在、除細動閾値低減のため、S-ICD 本体留置部位は、広背筋外側皮下の“皮下ポケット”でなく、前鋸筋と広背筋間の“筋肉間ポケット”が推奨される。

しかし、開発当初 S-ICD 本体は、皮下ポケット留置を想定していた。開発メーカーが提示する S-ICD 植込みマニュアルは、皮下ポケット作成を前提とし、皮膚切開線を第 5、第 6 肋間腋窩中線上に置くことを提唱している。しかし、筋肉間ポケット作成には、皮膚切開線直下に前鋸筋と広背筋の境界（＝広背筋の前縁）を視認することが要となるが、皮下ポケット作成を前提とした推奨切開線は、筋肉間ポケット作成にも最適とは限らない。さらに、これまで S-ICD 本体の筋肉間ポケット作成のために、広背筋前縁の位置を評価した報告はなく、本研究を立案した。

【目的】

ICD 植込み適応症例において、CT 画像で広背筋前縁の位置を同定し、広背筋前縁の位置に影響する因子を評価すること。

【方法】

当院で 2016 年 6 月から 2022 年 5 月の間に TV-ICD もしくは S-ICD の新規植込み術を受けた患者のうち、術前 6 か月以内に胸部 CT を施行された患者を対象とした。CT 撮像の理由は、原疾患の診断、肺炎の診断などであり、ICD 植込み術のために行った検査ではない。なお、20 歳未満、左側胸部の手術歴がある、既存のペースメーカー、ICD が在る患者は除外した。

広背筋の位置は胸部 CT 水平断画像を使用し、左第 5、6、7 肋骨がそれぞれ腋窩中線上にある 3 スライスで計測した。広背筋前縁位置の評価は、各スライスで背面から左広背筋前縁までの距離 (A)、胸壁の前後幅 (B) を測定し、その比 (A/B) の平均値を用いた (図 1)。

また、広背筋前縁の位置と年齢、性別、身長、体重、血液検査、心エコー図検査結果、病歴との関連性も評価した。なお、これらの身体・検査データは CT 撮影時のデータを使用した。

【結果】

対象期間内に 150 例が TV-ICD あるいは S-ICD の新規植込み術を受けた。そのうち、術前 6 か月以内に胸部 CT 検査歴のあった 78 例が解析対象となった。平均年齢は 60.7 ± 15.2 歳、女性が 13 例 (16.7%)、平均身長は $165 \pm 9\text{cm}$ 、BMI は $22.2 \pm 3.13\text{kg/m}^2$ 。S-ICD 植込みが 25 例 (32.1%)、突然死一次予防目的が 19 例 (24.4%)、NYHA II-IV 度心不全合併例が 42 例 (53.8%)、糖尿病患者が 14 例 (17.9%) であった。

CT で測定した背面から左広背筋前縁までの距離 (A) の平均は $111.1 \pm 18.7\text{mm}$ 、胸壁の前後幅 (B) の平均は $210.0 \pm 24.0\text{mm}$ 、その比 (A/B) の平均値は 0.53 ± 0.062 。A、B、A/B は、いずれも正規分布であった。A/B の分布を図 2 に示す。また、広背筋前縁の位置がより前方、後方にある典型的な症例の画像を図 3 に示す。

また、広背筋前縁の位置に影響する因子を検討すると、男性 (0.54 ± 0.063 vs 0.50 ± 0.048 , $p=0.016$)、突然死一次予防適応 (0.57 ± 0.057 vs 0.52 ± 0.06 , $p=0.0029$)、非糖尿病症例 (0.53 ± 0.065 vs 0.51 ± 0.042 , $p=0.049$) および非心不全症例 (0.55 ± 0.063 vs 0.51 ± 0.058 , $p=0.012$) で、広背筋前縁は有意に前方に在った。さらに、より若年 (相関係数 (r) = -0.39 , $p=0.00043$)、高身長 ($r=0.25$, $p=0.025$) および BNP 値が低い ($r=-0.34$, $p=0.0023$) ほど、広背筋前縁はより前方に在る傾向が見られた。

【考察】

本研究で、広背筋前縁の位置は症例毎に大きく異なることが示された。このことは皮膚切開線直下に広背筋前縁を視認し容易にS-ICDの筋肉間ポケット作成のために、症例毎に切開線を設定する必要性を示唆する。

広背筋前縁が胸壁の前後幅に比べ相対的により前方に在るのは、背面から広背筋前縁までの距離（A）が長い、胸壁の前後幅（B）が短い、あるいはその両方の場合と考えられる。図4に示す通り、AとA/B（広背筋前縁の位置）は正の相関関係を示したが、BはA/Bと相関していなかった。AとBの相関散布図をみると（図4左）、AとBの相関を示す直線の傾きは、 $A/B = 0.5$ の直線よりも大きい。このことは、胸壁の前後幅（B）が大きくなると、広背筋前縁までの距離（A）は、Bの増加幅よりも大きいことを示す。言い換えれば、胸郭の大きい症例では、相対的に広背筋筋肉量が多く、前縁がより前方に在ると推測される。この推測は、広背筋前縁がより前方に在る因子が若年、高身長、男性、一次予防、非心不全症例、非糖尿病症例であった結果から支持される。若年者は高齢者より、男性は女性より筋肉量が多く、心不全患者や糖尿病患者では筋委縮が観察され易い。しかし、本研究では筋肉量を測定していないため、広背筋筋肉量と広背筋前縁の位置との関連を明確に示すことはできない。

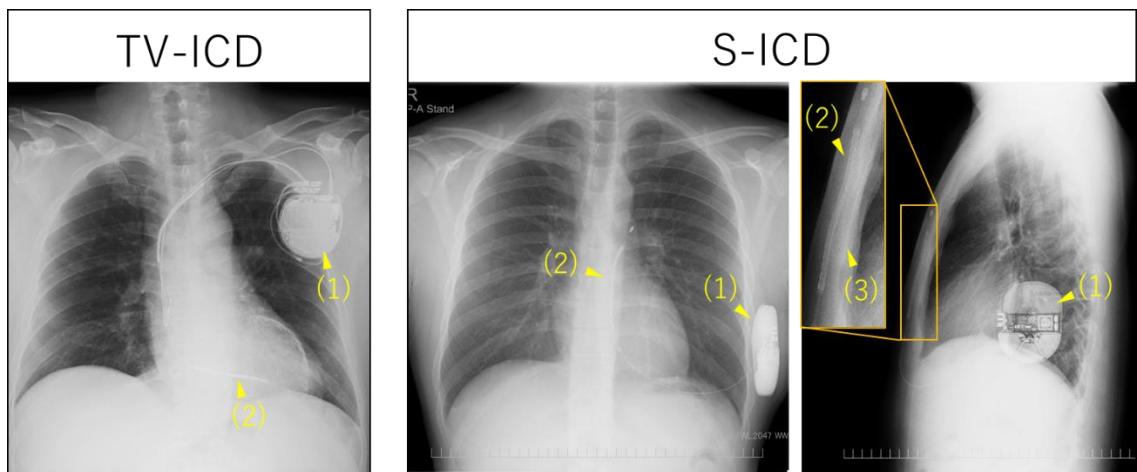
また、ICD植込み症例を対象とした本研究で、広背筋前縁の平均位置は腋窩中線より前方であった。既報では、S-ICD植込み症例はTV-ICD植込み症例に比べ、突然死一次予防目的、若年、非心不全症例、非糖尿病症例を多く含む。したがって、S-ICD適応患者群では、広背筋前縁はより前方に位置する可能性がある。よって、S-ICD本体ポケット作成に際し、従来推奨される腋窩中線上の切開は、多くの場合、広背筋前縁より後方となるため、前鋸筋と広背筋の境界（＝広背筋の前縁）を速やかに視認し、出血などの合併症なく筋肉間ポケットを作成することを難しくする。さらに、S-ICD植込み手技を行う多くの循環器内科医、特に植込み初心者は、手術操作を行う側胸部の筋・骨格の解剖学的知識が豊富とは言えない。本研究に基づいて、S-ICD本体の筋肉間ポケット作成には、術前に撮っていたCT/MRIの活用が有用と考える。加えて、我々は以前、術前皮下超音波検査で、前鋸筋と広背筋の境界（＝広背筋の前縁）を同定し、切開線を設定する手術法を報

告した。超音波検査は、被ばくがなく、リアルタイムに手術時の体位で、前鋸筋と広背筋の境界（＝広背筋の前縁）の同定が容易であり、筋肉間ポケット作成に有用な方法と考える。

【結語】

広背筋前縁の平均的な位置は腋窩中線より前方にあり、その分布は個人差が大きい。若年、高身長、男性、一次予防、非心不全、低BNP値、非糖尿病患者では、広背筋前縁はより前方に位置する傾向がある。安全にS-ICD本体の筋肉間ポケット作成するために、術前CT/MRI/超音波などを使用し、広背筋前縁の位置を同定することを提唱する。

補足図.



(1) ICD本体、(2) リード、(3) 胸骨

図.1

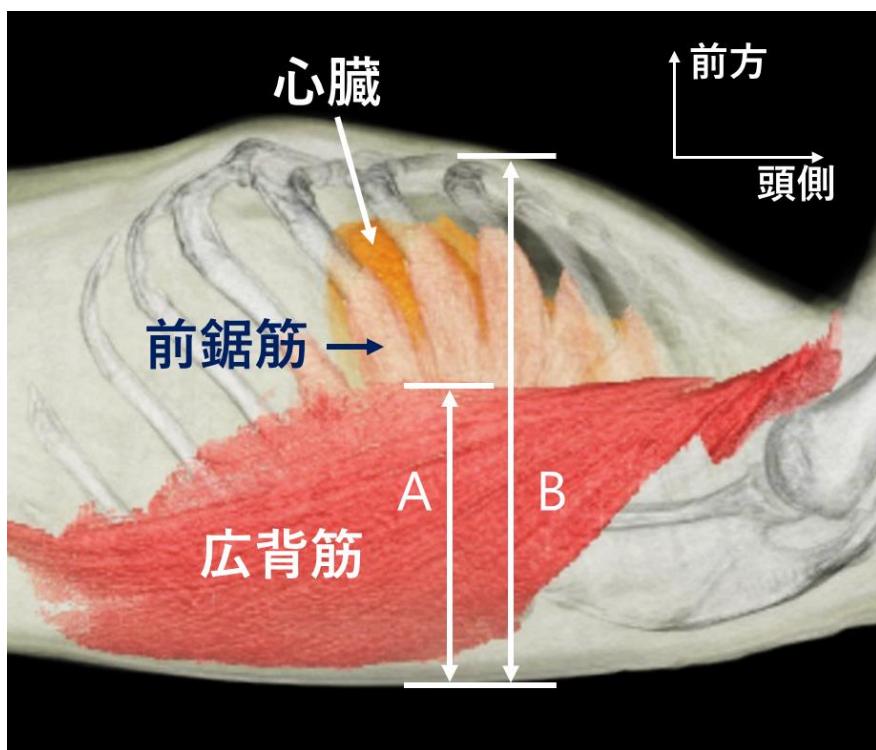


図 2.

広背筋前縁の位置の分布

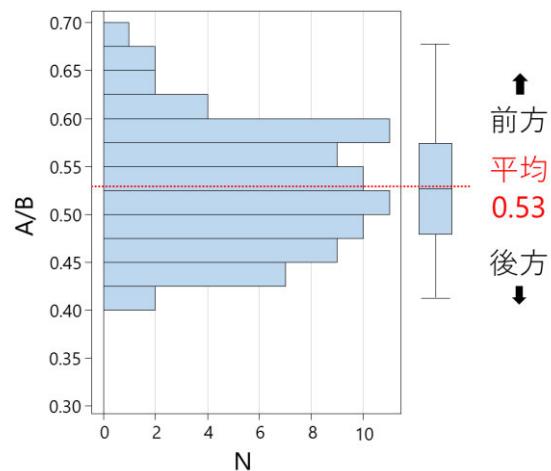
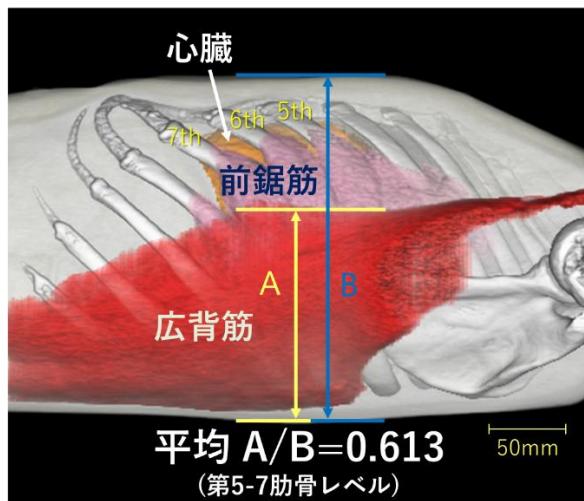


図 3.

(1) 前方にある症例



(2) 後方にある症例

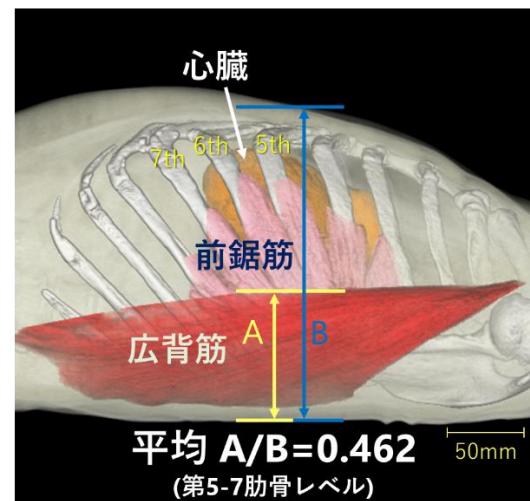
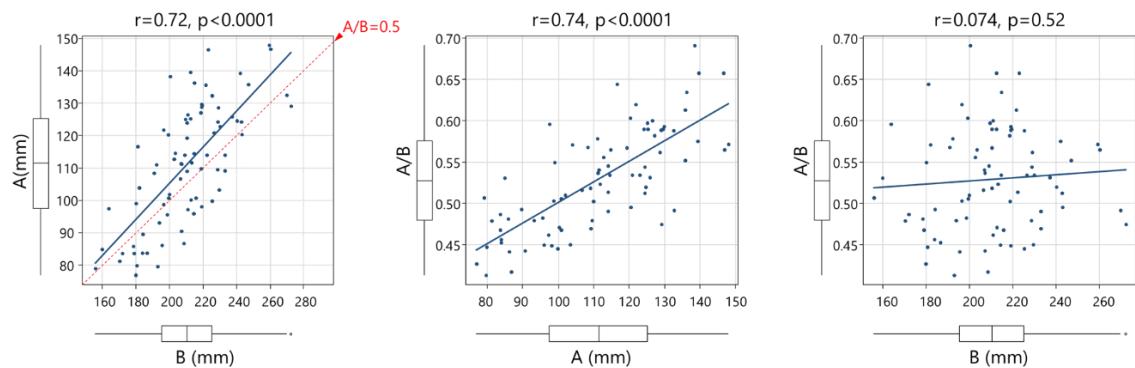


図 4.



神戸大学大学院医学研究科（博士課程）

論文審査の結果の要旨			
受付番号	甲 第3319号	氏名	園田 祐介
論文題目 Title of Dissertation	<p>The relationship between the incision line and position of the latissimus dorsi muscle for subcutaneous implantable cardioverter - defibrillator intermuscular implantations</p> <p>皮下植込み型除細動器の植込みにおける切開線と広背筋の解剖学的位置関係の検討</p>		
審査委員 Examiner	<p>主査 Chief Examiner 寺内清人</p> <p>副査 Vice-examiner 岡田 建次</p> <p>副査 Vice-examiner 見玉、祐介</p>		

(要旨は1,000字～2,000字程度)

植込み型除細動器（ICD）は心臓突然死を防ぎ、生命予後を改善する。初めに経静脈リードを使用する ICD システム（Transvenous-ICD [TV-ICD]）が開発された。この TV-ICD システムでは、リードが心血管内に留置されるため、心筋穿孔や血管損傷、血行感染の潜在的リスクが課題であった。その課題を克服するため、皮下植込み型 ICD（Subcutaneous-ICD [S-ICD]）が開発され、近年臨床使用されている。S-ICD システムは、剣状突起上部から胸骨前面皮下に留置されたリードと、左側胸部に留置する S-ICD ジェネレータ本体で構成される。TV-ICD と同等の突然死抑止効果と安全性を示すが、S-ICD は皮下植込み故に、心腔内にリードが留置される TV-ICD に比べ、心室細動を除細動するために高いエネルギーを要する。実際、TV-ICD の最高出力は 40 Joule、S-ICD は 80 Joule に設計されている。S-ICD システムでは、前胸部皮下リードと S-ICD 本体の間に在る身体組織を少なくすることで除細動閾値を低減できる。即ち、リードは胸骨前面に接し、S-ICD 本体は側胸部胸郭近くへの留置が望ましい。このため、S-ICD 本体留置部位は元々広背筋外側皮下の皮下ポケットであったが、近年前鋸筋と広背筋間の筋肉間ポケットが推奨されている。この S-ICD を留置するにあたり、開発当初、メーカーが提示する植込みマニュアルで、皮膚切開線を第 5、第 6 肋間腋窩中線上に置くことを提唱している。しかし、筋肉間ポケット作成には、皮膚切開線直下に前鋸筋と広背筋の境界、すなわち広背筋の前縁を視認することが要となるが、皮下ポケット作成を前提とした推奨切開線は、筋肉間ポケット作成にも最適とは限らない。さらに、これまで S-ICD 本体の筋肉間ポケット作成のために、広背筋前縁の位置を評価した報告はなく、本研究を立案した。

本研究の目的は、ICD 植込み適応症例において、CT 画像で広背筋前縁の位置を同定し、広背筋前縁の位置に影響する因子を評価することである。当院で 2016 年 6 月から 2022 年 5 月の間に TV-ICD もしくは S-ICD の新規植込み術を受けた患者のうち、術前 6 か月以内に胸部 CT を施行された 78 名の患者を対象とした。CT で背面から広背筋前縁までの距離と胸壁の前後径の比を計算し、それを広背筋前縁の位置と定義した。その結果、広背筋前縁の位置は正規分布を示し、その平均は腋窩中線よりやや前方の位置にあった。特に、男性、若年、高身長、突然死一次予防、非心不全、低 BNP 値、非糖尿病といった患者でより前方にある傾向であった。これらの因子のうち、男性、若年、非心不全、非糖尿病の症例に共通することとして、筋肉量が多いということが考えられた。今回の検討では筋肉量の測定は行われていないが、広背筋前縁の位置に影響する可能性が考えられた。また、今回の結果から、筋肉間植え込みのための切開線の設定は従来のように一律に設定するのではなく、症例ごとに検討すべきと考えられた。特に S-ICD の植込み対象となる患者はより前方にある因子の割合が多く、従来法では植え込みにくくなる恐れがある。植え込みを行う循環器内科医は側胸部の筋肉の解剖の知識が豊富とは言えない。以前に広背筋前縁の位置を術前にエコーで評価することで適切な切開線を設定し、筋肉間へのアプローチを容易にできたという報告もある。安全に S-ICD 本体の筋肉間ポケット作成するために、術前 CT/MRI/超音波などを使用し、広背筋前縁の位置を同定することが推奨される。

本研究は、皮下植込み型除細動器の筋肉間植え込みを行う際の適切な切開線を設定するうえで必要となる広背筋前縁の位置情報について、CT を用いて評価した研究であるが、従来の画一的な切開線設定では不適切な症例が出てくる可能性を示唆し、今後個々の症例に画像評価を用いた切開線設定をすべきであることを示す重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、本研究者は博士（医学）の学位を得る資格があると認める。