

氏名・(本籍)	高橋 貴一 (秋田県)
専攻分野の名称	博士(医学)
学位記番号	医博甲第 1049 号
学位授与の日付	令和 3 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	医学系研究科医学専攻
学位論文題名	Detection of Pathologic Heart Murmurs Using a Piezoelectric Sensor (圧電素子センサーを用いた病的心雑音の検出)

論文審査委員	(主査) 渡邊 博之 教授	
	(副査) 寺田 幸弘 教授	水野 大 准教授

学位論文内容要旨

Detection of Pathologic Heart Murmurs Using a Piezoelectric Sensor
(圧電素子センサーを用いた病的心雑音の検出)

申請者氏名 高橋 貴一

研究目的

重症先天性心疾患は、診断の遅れが死亡へつながる可能性のある疾患であるが、新生児では、症状や聴診所見からの診断は難しく、その発見には熟練を要する。出生後の児において、頻呼吸、心雑音、チアノーゼなどの身体所見により先天性心疾患を疑われることが多く、中でも心雑音は先天性心疾患の発見の第一の所見となる事が多い。しかし新生児の心拍数は成人と比較し早く、新生児の聴診所見は聴診する者の技量によるところが大きい。そのため、経験の少ない医師が聴診のみで先天性心疾患を鑑別する事は難しく、誤診や診断の遅れへとつながる可能性がある。そのため、どのような施設でも簡便で客観性のある先天性心疾患のスクリーニング機器の開発が望まれている。

圧電素子センサーは圧電変換素子の一種であり、微小な生体振動を検出し電気信号へ変換する装置である。この圧電素子センサーを用いて新生児の呼吸運動や心拍数を検出する機器が開発されてきた。研究代表者らと共同研究を行っている秋田大学医学部細胞生理学講座でも圧電素子を応用したセンサーを開発し、新生児の心拍や呼吸の非侵襲的な測定に成功しているが、体系的に新生児の心雑音の検出について検討した研究は未だ無い。そこで、新生児の診察に習熟した医師のいない施設でも行えるような先天性心疾患のスクリーニング機器として、新生児の心雑音を検出できるような圧電素子センサーを利用する事が有用であると考え、今回新規の圧電素子センサーを開発し、心雑音の検出能力について評価を行った。

研究方法

従来の圧電素子センサーで検出していた呼吸運動や心拍数と比較すると心雑音はより高周波数領域の振動であるため、高周波数領域の検出感度が高い圧電素子センサーの開発が必要であった。そこで、チタン酸ジルコン酸鉛を銅板で挟み、100mm 大の円形のプラスチックプレートに接着させることで、新規の圧電素子センサーを作製した。秋田大学医学部

附属病院に入院した新生児で、心エコー検査で先天性心疾患を有し、聴診上収縮期雑音を認め、拡張期雑音を有さない児 9 名と、先天性心疾患を有さず心雑音を聴取しない児 9 名に対して新規の圧電素子センサーを用いて測定を行い、心電図と同時記録を行った。圧電素子センサーの信号と心電図波形はアナログフィルターを用いて 1000Hz 以上の成分を通過減し、4000Hz のサンプリングレートで A/D 変換機を用いてデジタル変換を行った。デジタル変換を行った圧電素子センサーの信号を様々な周波数でハイパスフィルタリングを行い、収縮期雑音の検出を試みた。また、同時に電子聴診器を用いて児の心音、心雑音を測定し、圧電素子センサーの信号との比較を行った。本研究は秋田大学医学部附属病院倫理委員会の承認を受け実施した。

研究成績

新規に作成した圧電素子センサーは従来の圧電素子センサーと比較して高周波数領域の振動の検出感度が高い結果となった。この新規の圧電素子センサーを用いて児から測定した信号を 70Hz でハイパスフィルタリングを行ったところ、I 音および II 音が鮮明に描出する事が出来た。また、先天性心疾患を有する児では、I 音と II 音の間に収縮期雑音の信号を得ることが出来た。圧電素子センサーより得られた信号を Hilbert 変換を用いて包絡線を描き、拡張期の振幅をベースとして収縮期雑音の信号雑音比を測定したところ、先天性心疾患を有する児の群では、先天性心疾患のない対照群と比較し、収縮期雑音の信号雑音比が有意に高値であった ($p < 0.01$)。また、圧電素子センサーで検出した収縮期雑音の信号雑音比と電子聴診器で測定した収縮期雑音の信号雑音比の相関を調べたところ、両者で高い正の相関を認めた ($\rho = 0.899$, $p < 0.01$)。

結論

新規の圧電素子センサーを用いて先天性心疾患を有する児で収縮期雑音を他覚的に検出することに成功した。今後測定した波形データの解析をさらに改良することにより、先天性心疾患のスクリーニング機器として有用となる可能性が考えられた。

学位（博士一甲）論文審査結果の要旨

主査：渡邊 博之

申請者：高橋 貴一

論文題目：Detection of Pathologic Heart Murmurs Using a Piezoelectric Sensor

(和訳)：圧電素子センサーを用いた病的心雑音の検出

要旨

新生児における心雑音聴取は、先天性心疾患を発見する契機となる重要な身体所見であるが、その検出には検者の専門的技量や、新生児を腹臥位から仰臥位に体位変換する必要があるなどの問題があった。そこで著者は病的心雑音の新しい検査技術構築を目指し、本研究において、新規の圧電素子センサーを開発し、その新生児心雑音の検出能力を評価した。研究期間中に当院に入院した収縮期雑音をとまなう先天性心疾患新生児9例と、比較対照として心雑音のない健常新生児9例について研究が行われた。圧電素子センサーを前胸部に貼り、信号を検出、その後ハイパスフィルタリングを行い、収縮期雑音検出を試みた。結果として、新規の圧電素子センサーは従来のものとは比べ高周波数領域の振動の検出感度が高く、70 Hz ハイパスフィルタリングを行うことでI音、II音、収縮期雑音の信号を識別できた。また拡張期信号振幅を対照とした収縮期雑音の信号雑音比は、先天性心疾患新生児群で優位に高く、電子聴診器の収縮期雑音の信号雑音比と高い正の相関を認めた。これらの結果から、著者は新規の圧電素子センサーが先天性心疾患のスクリーニングに有用となる可能性を示したといえる。

本論文の斬新さ、重要性、実験方法の正確性、表現の明瞭さは以下の通りである。

1) 斬新さ

これまで圧電素子センサーを新生児に用いた論文は、心拍や呼吸運動の監視への応用のみであった。それはI音、II音さらに収縮期雑音の信号を検出することができなかったためであるが、著者は従来の圧電素子センサー機能を改変、

チタン酸ジルコン酸鉛を銅板で挟み100mm台の円形のプラスチックプレートに接着させることで新規圧電素子センサーを開発し、I音、II音さらに収縮期雑音の信号を検出可能とした。圧電素子センサーに新しい機能を加えた点で斬新な研究である。

2) 重要性

先天性心疾患は出生時の約1%に認められる疾患であり、重症例の早期発見はその後の生死を左右する。しかし、新生児における先天性心疾患のスクリーニングは困難が多く、新規スクリーニング法の開発が以前より望まれていた。本研究で示された新規圧電素子センサーの収縮期雑音相当信号の検出は、今後の新規先天性心疾患スクリーニング法開発を考える上で基盤となり、非常に重要である。

3) 研究方法の正確性

本研究でのハイパスフィルタリング技術ではpreliminaryに広い領域の周波数でのフィルターを検討している。その結果、最もI音、II音さらに収縮期雑音の信号を識別しやすかった70 Hzを採用し、このハイパスフィルタリングを用いて、その後の研究を展開しているので研究方法に問題はない。また、収縮期雑音の信号検出については、健常群の数値と統計学的検討を加えており、客観的な評価で正確性があると考えられる。

4) 表現の明瞭さ

これまでの問題点を明らかにした背景、さらに研究目的、方法、実験結果、考察を簡潔、明瞭に記載している。また本研究のlimitationや今後の研究の展開に関しても明確に記述している。

以上から、本論文は学位を授与するに十分値する研究と判定された。