

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12728

研究課題名(和文)非破壊工学技術を応用した非侵襲的腎盂内圧測定の新規開発

研究課題名(英文)Development of a new non-invasive intra-renal pelvis pressure measurement based on non-destructive engineering techniques.

研究代表者

西村 謙一 (Nishimura, Kenichi)

愛媛大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：20868666

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：生体膜(ブタ腎盂壁)を伝播する波の計測を行い、応力(圧力)の変化による波の特性を解析。腎盂内圧を測定する研究である。

本研究において、応力を変化させることで、生体膜の厚みと硬度が変化したことを確認した。波形の変動の原因が厚みと硬度が関与していることが示唆された。また、ダブルアレイプローブにより伝播する波の測定を行った。生体膜は非常に小さく入射波と反射波、そして伝播する波がそれぞれ干渉し合い伝播する波のみを測定することが困難であった。現在は、シングルアレイプローブを用いて生体膜に応力をかけたときの反射波の変化を測定し、個別の波の特徴を検索している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属等のハードマターに対して、ガイド波伝搬の研究は数多くなされており、これらは非破壊検査等に活用されている。しかし、軟組織に対してガイド波の伝搬に関する研究は、申請者の調べたところ殆ど無かった。本研究ではガイド波からエラストグラフィの原理を用いて、弾性パラメータが測定できる可能性が示唆された。本研究が初めてガイド波を用い非侵襲的に腎盂内圧を測定する基礎研究となる。本理論が立証できれば、腎盂内圧のみならず、肝のう胞や脾のう胞など他疾患の嚢胞圧を測定し嚢胞の進展についての病態の解明につながると考える。

研究成果の概要(英文)：Measurements of waves propagating through a biomembrane (porcine renal pelvis wall) and analysis of wave characteristics due to changes in stress (pressure). And, the renal pelvis pressure is measured by ultrasound.

In this study, a single array probe was used to measure the waves in the biomembrane. We confirmed that the thickness and hardness of the biomembrane changed as the stress was varied. It was suggested that the thickness and hardness were involved in the cause of the waveform variation. At the same time, the propagating wave was measured using a double array probe. The biological membrane is so small that it is difficult to measure only the incident wave, the reflected wave, and the propagating wave, which interfere with each other. Currently, we are using a single array probe to measure changes in reflected waves when stress is applied to the biomembrane, and searching for the characteristics of individual waves.

研究分野：泌尿器科

キーワード：腎盂内圧測定 生体膜 水腎症

1. 研究開始当初の背景

先天性水腎症は、小児泌尿器科を代表する疾患であり、1980年代より超音波検査の発達・普及により胎児期や新生児期に発見される水腎症、いわゆる無症候性水腎症を多く認めるようになった。腹痛などの症状を認める症候性水腎症に対する治療方針は原則手術治療となる。

しかし、無症候性水腎症に関しては、これまでの自然歴の蓄積から自然に改善する症例も多く存在するため、手術が必要な症例を見極める必要がある。無症候性水腎症の病態は、腎盂尿管移行部の狭窄により腎盂から尿管の通過障害が起こり腎盂内に尿が停滞する。そして、腎盂内圧上昇により腎実質での尿の産生障害、尿の直接的な腎実質への圧排が腎機能を悪化させる。狭窄が軽度の場合、腎盂の拡大は認めるものの腎機能の低下は認めない。高度な狭窄が長時間継続すると前述の理由により腎機能が低下すると考えられている。

1983年Georgeらは、成人の尿閉が原因の両側水腎症、腎後性腎不全の症例において膀胱内圧を測定することで間接的に腎盂内圧を測定した。腎盂内圧(膀胱内圧)22mmH₂Oを超える場合、腎機能の低下をきたすと述べている。この報告により現在でも腎盂内圧22mmH₂Oが基準となっている。しかし、直接腎盂内圧を測定した報告ではないため、腎機能障害をきたす腎盂内圧、腎盂内圧の上昇が腎機能に影響を与えるメカニズムは正確には検証されていない。その理由として、腎盂内圧を測定する方法は、体表より腎盂に針を穿刺し直接圧力を測る非生理的な侵襲的検査(Whitaker test)のみだからである。そのため小児において無症候性水腎症の手術適応を決める検査は、超音波検査、核医学検査(利尿レノグラム)であり、腎盂内圧測定は行われていない。

2. 研究の目的

非侵襲的に腎盂内圧を測定する技術の開発を目的とする。

3. 研究の方法

実験モデルとして、ブタ腎盂壁を使用した。風船内部に圧測定器を設置し持続的に圧力を測定する。超音波を利用して、風船壁の形状(歪み)と弾性パラメータを推定できるかを確認する。

パルスエコー法による応力と壁厚の調査

超音波プローブ(単眼)を設置し、超音波を送受信する。応力に応じた腎盂壁の厚さと超音波波形の相関を調べる。

腎盂壁を伝搬する波動特性(ガイド波)の調査

超音波プローブを腎盂壁に2つ対向させて設置する。腎盂壁に超音波が伝搬するようにプローブを傾けて送信する。超音波が壁を伝搬して伝達した波動を計測する。波長に比べて材料が薄い場合はガイド波として伝搬するため、その場合は分散性や重畳性を有する非常に複雑な波動場となる。さらにソフトマターであるので、粘弾性も考慮する必要がある。このとき、周波数を変えながら超音波を計測することで、ガイド波の分散曲線を算出する。分散関係の圧力依存性も調べる。

4 . 研究成果

生体膜（ブタ腎盂壁）を伝播する波の計測を行い、応力（圧力）の変化による波の特性を解析。腎盂内圧を測定する研究である。

本研究において、応力を変化させることで、生体膜の厚みと硬度が変化したことを確認した。波形の変動の原因が厚みと硬度が関与していることが示唆された。また、ダブルアレイプローブにより伝播する波の測定を行った。生体膜は非常に小さく入射波と反射波、そして伝播する波がそれぞれ干渉し合い伝播する波のみを測定することが困難であった。現在は、シングルアレイプローブを用いて生体膜に応力をかけたときの反射波の変化を測定し、個別の波の特徴を検索している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	雑賀 隆史 (Saika Takashi) (10314676)	愛媛大学・医学系研究科・教授 (16301)	
研究分担者	中畑 和之 (Nakahata Kazuyuki) (20380256)	愛媛大学・理工学研究科(工学系)・教授 (16301)	
研究分担者	菊川 忠彦 (Kikugawa Tadahiko) (70444734)	愛媛大学・医学部附属病院・准教授 (16301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------