

機械・構造システム工学専攻	学籍番号	015110
申請者氏名	Sandro Mihradi	

指導教員氏名	本間 寛臣
	上村 正雄
	河村 庄造

論文要旨(博士)

論文題目	The Kidney Stone Fragmentation Method for Patient-Friendly Extracorporeal Treatment (患者にやさしい体外腎臓結石破砕法)
------	--

(要旨 1, 200字程度)

<p>体外衝撃波結石破砕法(ESWL)は、手術をしないで腎臓結石を破壊し削除できるために、80年代初めから盛んに使用されている。この処理では、衝撃波を数千回、結石に集中させ、結石を小さく破砕し排尿により自然に体外に排出する。しかし、数千回もの衝撃波が腎臓を通過するため、腎臓組織に大きな損傷が発生することが多く報告されている。また、衝撃波による腎臓結石の破砕メカニズムはまだ十分に解明されておらず、現在の破砕法が最適である保証はない。</p> <p>この論文では、ESWLによる治療において、腎臓結石破砕に及ぼす直接圧力波 (direct stress wave) の影響をいろいろな観点から研究し、腎臓結石の効果的・効率的な破砕を支配する主要要因を解明することを目的としている。これらの要因を解明することで、腎臓組織の損傷を引き起こす原因を除去、または最低限に抑えて、結石を効率的に破砕することによって患者にやさしい結石破砕法を開発できるものとする。本論文は7章からなり、第1章では本研究の背景と目的を述べ、第2章では応力波による結石破砕の実験結果を示し、第3, 4章では有限要素法による結石内の応力波の発達状況を詳細に解析し、結石破砕を引き起こす応力成分に関して考察している。第5章では第2章から4章までの結果に基づいて、効率的に結石を破砕する方法として Dual パルス入射法の有効性を示している。第5章では結石破砕現象を工学的に解析するために離散要素法に応力規準を導入した解析方法を開発し、その有効性を確認している。第7章では得られて結論を総括している。</p> <p>本研究における特徴および独創的な点は以下のようである。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 体外衝撃結石破砕法において、水中を伝ばしてきた衝撃波が結石内に入射し、結石内部で発達する応力を体系的に明らかにし、結石の破砕機構を明らかにした。</li> <li>2. 離散要素法に応力破壊規準を導入して、結石破砕過程を詳細に数値解析した。</li> <li>3. 効率的な結石破砕法を提案した。</li> </ol> <p>以下は本研究で得られた主な結論である。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 衝撃波の入射による結石内の応力状態を体系的に明らかにすることにより、結石内に発達する引張応力により、結石の主要破砕が引き起こされることを明らかにした。このことにより、             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 結石形状による破砕の難易度、</li> <li>・ 衝撃波持続時間の拡幅効果、</li> <li>・ 衝撃波の焦点面積の拡大効果</li> </ul>             を総合的に明らかにした。         </li> <li>2. 結石破砕過程を数値解析で明らかにするために、離散要素法プログラムを独自で開発し、新たに高精度な応力評価方法を提案した。また、この応力評価法を利用して、破壊規準として従来使用されているバネ力規準に替わって応力規準を導入した。これにより、結石破砕過程を従来の材料強度学の理論のなかで議論することが可能となった。離散要素法における重要な寄与である。</li> <li>3. 1, 2の研究成果をもとに、患者に優しい結石破砕法として対向2方向からの衝撃波入射による結石破砕方法を提案した。これにより、従来の体外衝撃結石破砕法に用いられている衝撃波の強度より 0.7~0.5 程度の強度で結石を破砕することが可能となり、患者に与える負担、腎臓組織の破損等の損傷を大幅に低減することが可能である。</li> </ol>
--

2006年 8月 30日

機械・構造システム工学専攻	学籍番号	015110
申請者氏名	Sandro Mirhadi	

指導教員氏名	本間 寛臣
	上村 正雄
	河村 庄造

論文要旨(博士)

論文題目	The Kidney Stone Fragmentation Method for Patient-Friendly Extracorporeal Treatment (患者にやさしい体外腎臓結石破砕法)
------	--

(要旨 1, 200字程度)

Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL) has been extensively used since early 80's in the therapy to destroy and remove kidney stone without surgery. In this treatment thousands of focused shock waves are transmitted from outside of the body to destroy the stone into reasonably small pieces, so that they could be discharged naturally. Despite its success, kidney tissue injuries have been widely reported and the fragmentation mechanism of the kidney stone is not well understood yet.

In this thesis, a comprehensive study to explore the direct stress wave contribution to the kidney stone fragmentation during ESWL has been performed with aim to clarify some important factors for efficient fragmentation of kidney stone. By knowing these factors, the efficient fragmentation of the stone can be achieved by removing or minimizing some causes that could lead to tissue injury. Some experimental and numerical works are performed with focus to investigate internal stress wave fields generated inside the kidney stone subjected to the lithotripter pulse wave. Several parameters, which may play important roles in the fragmentation of kidney stone such as pulse duration, stone size and geometry, and focal size of focused shock wave, are analyzed. Also in this work, a new idea to fragment a kidney stone by employing dual shots from various angles is numerically simulated. To reasonably model initial fragmentation of a kidney stone by the impact of short pressure pulse, a program is developed based on Discrete Element Method (DEM).

From the present study, we found that the shorter the incident pulse duration, the higher amplitude of stress wave is needed to fragment the stone. On the other hand, longer pulse duration could develop higher stress level quite significantly inside the stone. Because higher pressure application during ESWL may risk injury to the patient, application of lower pressure with a longer duration will be more preferable in the clinical point of view. The other result found in this study is that greater focal size of focused wave could develop larger high stress area and higher stress magnitude inside the stone, especially in the case where the stone size is larger than the focal size. Therefore in the practice, efficient fragmentation may be achieved by applying lower pressure with a longer duration and a wider focus.

Numerical study on dual pulse impingement system where pulses are facing each other, reveals that this system develops a larger area of high stress inside the stone as compared to the application of single pulse impingement. This shot system develops tensile stress level inside the stone, one and half times as large as that of the single impingement model, while keeping the pressure of surrounding fluid the same. Therefore, this new method can be considered for future development of lithotripter, because it has the potential to accelerate stone fragmentation and keeping the low risk to the kidney tissue. Fragmentation simulation utilizing DEM program has confirmed the effectiveness of the present method to fracture the stone.