修士学位論文要約（平成19年3月）

超音波メスによる軟組織切離における周波数依存性に関する研究

海老名孝介, 長谷川英之, 金井 浩

Study on Frequency Characteristics in Cutting of Soft Tissue Using Ultrasonic Surgical Knife

Kosuke EBINA, Hideyuki HASEGAWA and Hiroshi KANAI

In this paper, the operation frequency of a surgical knife is focused. Prototype ultrasonic knives which are operated at 24.3 kHz, 44.3 kHz, and 71.9 kHz were constructed. Differences of effects on soft tissue due to the operation frequency was investigated using these knives. Frequency characteristics were measured using two parameters, namely, *coagulation ratio* and *coagulated depth*. For the same vibration velocity, the distribution of the coagulated tissue at a higher frequency was shallower and narrower around the center of the tip than that at a lower frequency. For the same vibration amplitude, coagulated depth was similar for these frequencies. Furthermore, the dependence of tissue coagulation on the vibration velocity, pressure load, contact of the tip with tissue, and direction of vibration were investigated. From these investigations, it was found that the mechanical effect is a dominant factor in tissue coagulation rather than ultrasound absorption.

1. はじめに

本論文では，強力超音波による超音波治療応用技術の1つである超音波メスに注目する．超音波メスは，20〜100 kHz程度の周波数で長軸方向に刃を振動させることで軟組織の切断および止血を同時に行う医療機器であり，他の機械的メスと比較して，比較的低温で蛋白質変性による止血を行うことが可能あるが故に，適用中の患者へのダメージが少ないという大きな利点を持ち，外科手術に広く適用されてきた [1]．しかし，「20〜100 kHz程度の超音波振動が軟組織にどのような生物学的作用を与えるのか」という根本の原理を詳細に調査した例は少ない [2]．特に，刃先において発生する強力な縦振動が組織に与える影響は，物理的振動およびキャビテーションといった現象がある程度理解されているだけで，詳細は明らかになっていない [2]．したがって，刃の先端部における超音波振動が軟組織に与える影響の調査は，超音波メスの安全性の向上や高効率化を目指す上で必要不可欠であると考えられる．本研究では，超音波メスの振動周波数に着目し，周波数の違いによる蛋白質変性の変化から，超音波メスの振動が組織に与える作用を検討する [3]．

2. プロトタイプ超音波メス

本研究では，20 kHz，39 kHzおよび60 kHzのボルト締めランジュバン型振動子 (本多電子製，HEC-3020P2B, HEC-3039P4B, HEC-1560P4B) を用いてプロトタイプ超音波メスを作製した．概略図を図1に示す．振動増幅部は，2段接続段つきホーンで，振動の節となる部分に固定用フランジを設けた．ホーンの速度変成比はそれぞれ3.5および9.1である．

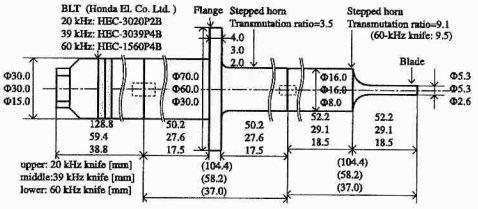

図 1: 超音波メス概略図.

3. 実験方法

図2に組織変性試験の実験システムを示す．メスはフランジ部で固定し，レーザー・ドプラ速度計を振動速度測定に用いた．本研究では，組織変性を定量的に評価するために，2つのパラメータを用いた．第1は凝固比で，メスの刃先の面積と組織変性面積の比で定義され，組織表面における変性を評価する．第2は凝固深さで，深さ方向 (z 方向) の評価に用いる．本研究では，振動速度，振幅，押圧および振動方向の変化による組織変性の変化を検討する．

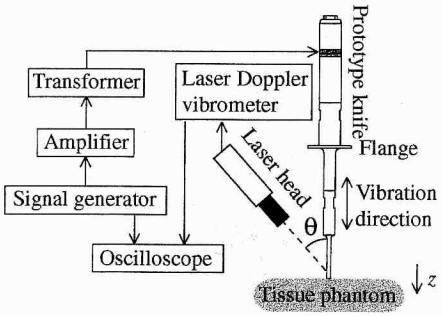

図 2: 実験システム.