

主 論 文 要 旨

論文題名 貫通孔を有する穿刺用超音波探触子の基礎特性と 針先端の検出原理に関する研究

ふりがな たなか ゆうすけ
氏名 田中 雄介

主論文要旨

医療分野では針や患部の位置を確認しながら穿刺する超音波ガイド下穿刺が実用化されている。例として体外用コンベックス型超音波探触子に穿刺ガイドを取り付けたものや EUS-FNA(Endoscopic Ultrasound-guided Fine Needle Aspiration、超音波内視鏡下穿刺吸引術)用の探触子がある。これらは患部に対して斜めに穿刺するため正確に穿刺するには術者の熟練を要する。そこで本研究では患部を前方に捉えて針先端と患部の位置を観測しながら前方に正確に穿刺するために、中央に貫通孔を有する超音波探触子を開発することを目指した。試作した貫通型超音波探触子について穿刺針先端の検出原理の解明と穿刺操作における基礎特性の評価を行った。

前方の患部を観測する方法としてパルスエコー法を用い、針先端の観測にはエッジ波を利用した。針先端の検出原理の解明のために 2 分割型超音波探触子を作製して、送受分離と送受一体のときの受信信号を調べた。送受分離のときは受信波形が送信信号に対して同位相、送受一体のときは逆位相になった。この結果よりエッジ波を用いて針先端の検出原理を説明した。

次にリング型探触子、13 分割型探触子、U 字型探触子、貫通型リニアアレイ探触子を試作して穿刺実験を行い、針先端位置をリアルタイムに観測できることを示した。リング型探触子では、寒天と切除したヒト患部胃壁標本に穿刺し針先端からの信号を観測した。13 分割型探触子ではブタの肝臓に穿刺し、針先端位置を B モード画像で観測した。U 字型探触子は針を患部に留置したまま探触子を取り外すためのスリットを設けてあり、この探触子においてもブタの肝臓への穿刺を B モード画像で観測した。貫通型リニアアレイ探触子は頸静脈穿刺用の探触子でリニアアレイ部分のフェーズドアレイ走査で患部の情報をより多く取得する。まず擬似血管ファントムに穿刺し、針先端位置を確認しながら穿刺する様子を B モード画像で観測した。次にブタの頸静脈に穿刺し、皮下脂肪により観測は難しかったが針先端を B モード画像で観測した。その後ヒト頸静脈を観測し、皮下脂肪が少ないヒトなら針先端を観測しながら頸静脈に穿刺できることを考察した。最後に実用化への課題として 2 次元アレイ探触子による 3 次元画像表示について述べた。

Title **Studies on Basic Properties of Ultrasonic Probes
with a Through-Hole and on the Detection Principle of
the Needle Tip**

ふりがな たなか ゆうすけ
Name Tanaka Yuusuke

Summary

Ultrasound-guided puncture has been used in the medical field. For example, there are convex ultrasonic probe with puncture guides and there are ultrasonic probes for endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration (EUS-FNA). Making an accurate puncture with them requires great skill because when they are used they are oblique to the lesion area punctured. In this study, I aimed to develop an ultrasonic probe with a through-hole in order to puncture a forward lesion while observing the lesion and the needle tip. I elucidated the detection principle of the needle tip and evaluated basic properties of the ultrasonic probes.

I used the pulse-echo technique to observe the forward lesions and used edge waves to observe the needle tip. I investigated the phase of signals from the needle tip by using an ultrasonic probe on which the transmitter and receiver were separated. When the transmitter and receiver were on opposite sides, the phase of the received signal was the same phase as that of the transmitted pulse. When the transmitter and the receiver were on the same side, the phase of the received signal was opposite that of the transmitted pulse. From these results, the detection principle of the needle tip was explained by edge waves.

The position of the needle tip was observed in real-time when using a ring-type probe with a through-hole, a 13-element probe with a through-hole, a U-type probe with a through-hole, and a linear array probe with a through-hole. The signals from the needle tip were observed when puncturing agar, part of a resected stomach wall, pig liver, and a blood vessel phantom. Observing a human jugular vein, I considered that it was possible to puncture while observing the needle tip. Finally, I described how a 3-D image can be acquired using a 2-D array probe.