The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Curved multi-tube device for path-error correction in a needle-insertion system
Author(s)	寺山, 元和
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48965
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【49】

氏　　名	寺山元和（てらやまもとかず）
博士の専攻分野の名称	博　士（医　学）
学　位　記　番　号	第　２１８３９　号
学位授与年月日	平成 20 年３月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 医学系研究科臓器制御医学専攻
学　位　論　文　名	Curved multi-tube device for path-error correction in a needle-insertion system （多重曲がり針を用いた穿刺システムの開発）
論文審査委員	（主査） 教　授　門田　守人 （副査） 教　授　澤　　芳樹　　教　授　中村　仁信

論　文　内　容　の　要　旨

〔　目　　的　〕

肝穿刺や鎖骨下静脈穿刺などの穿刺技術は日常しばしば行われる重要な診断・治療手段であるが、正確に小さな目標を穿刺することは容易ではなく、誤穿刺による重大な合併症も報告されている。安全で正確な穿刺方法の開発は重要な課題であり、これまで CT や超音波ガイドによって穿刺の精度を向上させる工夫がなされてきた。近年はロボット技術を導入した穿刺システムも研究されている。しかし、正しい方向に穿刺針を刺入できたとしても皮膚や組織内の抵抗などにより針の進む方向は変化する。このような場合に、穿刺をやり直さずに針の進む経路を変更することは困難であった。

古荘らは多重曲がり針を用いて針先が三次元自由空間中の任意の点に到達できることを示した。本研究では、この技術を用いて穿刺途中で生じた誤差を補正するシステムを開発することを目的とした。

〔　方法ならびに成績　〕

多重曲がり針（Curved Multi-tube Device, CMTD）は、先端部に曲がり部を有する内針と真っ直ぐな形状の外筒から構成される。内針を外筒に完全に収納すると真っ直ぐの形状（straight phase）となり、外筒から内針の曲がり部を出した状態（curved phase）では内針の円弧が維持される。この二つの状態を組み合わせることにより誤差を補正する。CMTD による穿刺および誤差補正はコンピュータ制御によって自動的に行なわれる。その補正の機構は以下のとおりである。穿刺の軌道はエコーにて追跡し、コンピュータが誤差を自動検出、誤差の大きさと内針の弯曲から内針を駆出すべき適切な位置を計算する。計算された位置から内針が刺出され円弧の経路を進みながら目標点に到達する。

内針は外径 0.635 mm 内径 0.406 mm のチタン合金のチューブで、外筒は外径 1.34 mm 内径 0.74 mm のステンレス製のチューブを用いた。円弧の曲率半径は 52.1 mm で、6.0 mm の誤差には内針が 25.3 mm 進めば補正できる。

針を動かす穿刺装置は角度制御部・針制御部・超音波プローブの３つで構成され、CMTD が超音波断層画像と同一平面内に動くように作成した。

コンピュータによる針の検出のために、超音波画像の静止画を取得し輪郭抽出の後、ハフ変換を用いて直線抽出の

画像処理をおこなった。この処理によってコンピュータによる超音波画像中の針の認識が可能であることを確認した。画像処理は 0.5 秒以内に終了した。

本システムの精度の評価を行なった。水槽内に直径 4.0 mm の目標点を固定し、穿刺装置を固定した。穿刺中の誤差を再現するために、あらかじめ命中しない角度で針を入射させた。操作者が超音波画像を見ながら目標点をコンピュータに入力すると穿刺が開始する。穿刺が終了したときの針の先端と目標点との距離を測定した。目標点の位置を変えて同様の実験を 21 回繰り返し、誤差補正の精度を評価した。穿刺システムは自動的に誤差を補正し、全てのトライアルで目標点に命中させることができた。超音波画像の中央付近では 2.3±2.3 mmの精度で目標点に命中した。穿刺に要する時間は 14.5 秒であり、21 回全てこの時間で終了した。

〔 総　　括 〕

新しい誤差補正可能な穿刺デバイスを開発した。本システムにより穿刺中に生じる誤差を修正することが可能であった。穿刺手技の安全性向上への有用性が期待される。

論文審査の結果の要旨

肝穿刺や鎖骨下静脈穿刺などの穿刺技術は日常しばしば行われる重要な診断・治療手段であるが、正確に小さな目標を穿刺することは容易ではない。安全で正確な穿刺方法の開発は医療現場での重要な課題である。近年はロボット技術を導入した穿刺システムが研究開発されている。しかし、従来のシステムでは皮膚や組織内の抵抗などにより針の進む方向が変化したような場合に、穿刺をやり直さずに針の進む経路を変更することは困難であった。

本研究では、多重曲がり針（Curved Multi-tube Device, CMTD）というデバイスを用いて穿刺途中で生じた誤差を曲がった経路を進むことによって補正するシステムを開発することを目的とした。

多重曲がり針は、先端部に曲がり部を有する内針と真っ直ぐな形状の外筒から構成される。内針を外筒に完全に収納することにより真っ直ぐの形状となる。外筒から内針の曲がり部を出した状態では内針の円弧が維持される。この二つの状態を制御することにより誤差を補正する。CMTD、穿刺装置、画像処理のプログラムを製作・統合し穿刺システムを構築した。穿刺システムは自動的に誤差を補正し目標点に命中させることができた。

本研究により、CMTD は従来の穿刺システムにはなかった誤差補正可能なデバイスであることが示され、穿刺システムの発展につながるものであり、学位の授与に値すると考えられる。