

氏名(生年月日)	平井 信行
本 籍	
学 位 の 種 類	博士(医学)
学位授与の番号	甲第 394 号
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 18 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当(医学研究科専攻, 博士課程修了者)
学位論文題目	Image-guided neurosurgery system integrating AR-based navigation and open-MRI monitoring (AR ナビゲーションと Open MRI によるモニタリングを統合した画像誘導脳神経外科手術支援システム)
主論文公表誌	Computer Aided Surgery
論文審査委員	(主査) 教授 岡野 光夫 (副査) 教授 尾崎 眞, 川上 順子

論 文 内 容 の 要 旨

〔目的〕

下垂体腫瘍の手術は神経内視鏡手術が主流となり、特に鼻孔を介してトルコ鞍底に到達するため、術野の視野は従来の 15mm 径から 5~7mm 径に縮小している。安全かつ確実に腫瘍を摘出するためには、X 線透視または手術ナビゲーションによる術具と構造物との位置確認が必須である。これまでの手術ナビゲーションでは、術者は別モニタに表示される内視鏡像とナビゲーション像を交互に見ながら手術操作を繰り返しており、術野への注意力低下の原因となる。この問題を解決するため、内視鏡像とナビゲーション画像を統合することで同一モニタ上に表示する世界初の手術ナビゲーションを開発した。更に残存腫瘍確認および brain shift への対応として、3 次元再構成機能および open MR 画像による情報更新機能を統合し、臨床試用を通して有効性を確認した。

〔対象および方法〕

術前 CT/MR 画像から事前に腫瘍、視神経、内頸動脈など重要組織の CG 像を作成する。手術時に CG 像と内視鏡・患者の位置合わせを行い、CG 像を内視鏡ライブ映像に重ね合わせて表示(画像重畳)することにより術者は組織の位置関係を直感的に理解可能となる。腫瘍摘出後、術中 open MR 撮像を行いナビゲーション情報を更新する。更新された 3 次元再構成機能の使用により術中の脳の変形を考慮し、残存腫瘍の確認、術中の再計画に有効なナビゲーションが可能となる。なお、高精度で患者・CG 像位置合わせを行うため非侵襲ゴーグル型マーカシステムを独自に開発し使用している。

〔結果〕

22 例の下垂体腫瘍手術に応用し、1 例の合併症もなく手術を安全に誘導することができた。臨床時の位置決め誤差は 1.5mm 以内であった。特筆すべき点として、再発症例においては、正常構造が癒着等により偏倚していることにより合併症として生じやすい内頸動脈損傷を回避できただけでなく、安全に内頸動脈に肉薄して腫瘍の摘出が可能となった。

〔考察〕

内視鏡と CG 像の重畳画像を 3 次元再構成表示と併用することで、術者のオリエンテーション確保に貢献している。特に内視鏡像の外に広がった CG 像は内視鏡像の限定的な視野を補い、更に CT を使用した 3 次元再構成表示では腫瘍到達までの複雑な骨の構造を立体的に拡大表示可能であり、術者にとっての意義は大きい。

また、新規開発したナビゲーション用マーカシステムは臨床試用において術中位置合わせ時間 30 秒程度、精度 1.5mm であり、かつ骨に固定する一般的なマーカ等と異なり非侵襲なため、手術時間短縮、精度向上に役立って

いる。ただし、より広くシステムを使用するためには、別の術式に適した利便性・高精度・低侵襲の各条件を満たしたマーカを開発する必要がある。

〔結論〕

画像重畳，3次元再構成表示，open MR 像による情報更新を特徴とする世界初の内視鏡ナビゲーションを構築し，下垂体腫瘍の症例において有効性を確認した。

論文審査の要旨

微細な操作が要求される脳神経外科領域の手術では，腫瘍など構造物の位置を精度良く特定することが重要である。近年低侵襲手術の普及により手術領域は縮小し，より正確な位置決め技術が求められている。本研究では，微小領域での内視鏡観察映像への重要組織 CG 像の重ね合わせ（画像重畳）を含めた精度の良い位置決め手法を基盤技術として開発している。開発した手術ナビゲーションは下垂体手術 22 例で試用され，位置決め精度は臨床試用において 1.5mm 以内，画像重畳精度はファントムを用いて平均 1.2mm を達成し，脳神経外科における内視鏡手術時の要求精度を十分に満たしている。

本技術は，将来的に，患者の QOL 向上を目指して発展しつつあるロボット手術，微細レーザー手術などにおいて微細な組織を観察・判別し正確に処置を行うために，またより安全な医療を目指し，医師ごとの経験の差を補い手術の質向上を図るために必須な基盤となるものである。