

氏名(生年月日)	オオ 大	モリ 森	シゲル 繁
本籍			
学位の種類	博士(医学)		
学位授与の番号	甲第385号		
学位授与の日付	平成17年1月21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	Robotic laser surgery with $\lambda = 2.8 \mu\text{m}$ microlaser in neurosurgery (脳外科における波長2.8 μm マイクロレーザーを用いたレーザーロボット手術)		
主論文公表誌	Journal of Robotics and Mechatronics 第16巻 第2号 122-128頁 2004年		
論文審査委員	(主査) 教授 岡野 光夫 (副査) 教授 堀 貞夫, 川上 順子		

論文内容の要旨

〔目的〕

悪性脳腫瘍摘出術における5年生存率を高めるには、腫瘍組織の摘出率を少なくとも95%以上にすることが知られている。しかしながら、摘出率95%でも5年生存率は約20%に留まり、したがって全て摘出しなければこれ以上の改善は期待できない。MRIを用いて術中に腫瘍位置を正確に把握できるようになったことで、100%近い摘出率が得られる症例も増えているが、垂体路等の機能領域に隣接して腫瘍が存在している場合には、その境界部分の切除は従来のハンドオペレーションでは限界となる。

本研究は、従来通りの腫瘍摘出術を施行した後、正常組織との境界領域に残存する腫瘍組織を完全に切除することを目的とし、高精度なエッチングを目指し、正常組織への影響を最小限にすることのできるレーザー治療装置を提案、設計し、そのin vitroの特性を評価した。

〔対象および方法〕

本研究においては、筆者が世界で初めて開発した波長2.8 μm マイクロレーザーを用いた。このレーザー装置は中赤外波長の連続波レーザー光を光ファイバーの先端部で発振させるもので、従来脳外科領域で用いられてきたパルスレーザー装置と異なり、生体軟組織に対し衝撃波による機械的ダメージがなく、適度な止血効果を有している。実験は、死後12時間以内の摘出ブタ脳を用い、脳表上に出力0.45W、スポット径150 μm のビームをライン状にスキャンさせた後、HE染色を施した薄切標本を作製し、蒸散創と周辺組織への影響を評価した。また、コンピュータ制御によるレーザーマニピュレーションシステムを設計、試作し、指定領域面での選択的な蒸散エッチング技術の追求を行った。

〔結果〕

作製した薄切標本より、蒸散創に隣接した神経細胞へのダメージは観察されず、蒸散創はシャープな形状となることが判明した。深さの制御精度は $\pm 0.1\text{mm}$ であった。また、レーザーマニピュレーションシステムを用いたエッチング実験においては、パソコンモニタ上で指定した領域と実際にエッチングされた脳表上の領域との位置ずれは0.5mm以内に収まることを確認した。

〔考察〕

本研究で用いたレーザー光は水の吸収ピーク波長であるため、その波長特性と集光効果により0.5W以下の低レベルレーザー光で脳の表層のみが選択的かつシャープに、周辺組織へのダメージなく蒸散エッチングできたものと考えられる。更に、マニピュレーションシステムによるレーザースポットの精密位置決め技術を開発したことで、レーザーハンドピースを手で操作していた従来の照射方法と比較し、5分の1近くの照射精度が得られた。

〔結論〕

新しいレーザーテクノロジーを基盤技術とし、悪性脳腫瘍摘出術に対する精密な蒸散エッチング技術を研究した結果、運動障害等の合併症に直結する機能領域に対しても摘出率を最大化させられる可能性を見出した。

論文審査の要旨

悪性脳腫瘍摘出術における腫瘍摘出率を高めるための新しい手術支援装置として、本研究では中赤外波長（波長 $2.8\mu\text{m}$ ）の連続波が出力できるレーザー光源を開発し、従来通りの腫瘍摘出術を施行した後、正常組織との境界領域に残存する腫瘍組織を切除することが可能かつ正常組織への影響を最小限に留めることのできるレーザー治療装置を提案・開発した。In vitro でレーザーの評価を行った結果、蒸散創に隣接した神経細胞へのダメージは観察されず、創の深さの制御精度は $\pm 0.1\text{mm}$ で鋭利な形状を示した。またレーザー治療装置を用いたエッチング実験において蒸散位置決め誤差が 0.5mm 以内に収まることを確認した。本装置を用いれば、機能領域と隣接した腫瘍組織の境界部分であっても機能領域を温存したまま腫瘍組織のみを精密に蒸散することが可能であり、悪性脳腫瘍摘出術において摘出率の最大化および術後生存率の向上が実現されると考えられる。