The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Development of the measurement system of biological tissue optical properties for medical laser applications
Author(s)	Honda, Norihiro
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27583
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【172】

氏　　名	本　多　典　広（ほん だ のり ひろ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工学）
学 位 記 番 号	第　２６２３８　号
学位授与年月日	平成25年３月25日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	Development of the measurement system of biological tissue optical properties for medical laser applications （生体組織の光学特性値算出システムの開発とレーザー医療への応用）
論 文 審 査 委 員	（主査） 教　授　粟津　邦男 （副査） 教　授　西嶋　茂宏　　教　授　乘松　孝好

論 文 内 容 の 要 旨

臨床においてレーザーの医療応用が盛んである一方、医療過誤が散見される。この解決策は施術者が治療対象組織とレーザーとの相互作用を理解し、レーザーを使用することである。そのためには、生体組織の光学特性値を把握する必要があるが、これまで報告されている光学特性値は、限られた波長のものが多い。また、レーザー治療による組織の変化に対応した光学特性値の変化について言及した報告例はほとんどない。本研究では、より高度なレーザー医療の実現を目指し、光学特性値算出システムの開発を検討した。また、開発した光学特性値算出システムを用いてレーザー治療後の生体組織の光学特性値を算出し、より有効かつ安全な照射条件を検討した。本論文は、5章からなる本論、および結論から構成されている。

第1章では、レーザー医療の現状と課題について述べ、光学特性値の必要性、定義、および生体組織の光学特性値研究の現状と課題についてまとめた。

第2章では、双積分球光学系、および逆モンテカルロ法を用いた波長350-2100 nmでの光学特性値算出システムを開発し評価した。光学特性値である吸収係数、および換算散乱係数を高精度かつ定量的に計測可能であることを明らかにした。

第3章では、レーザー照射後の凝固による生体組織の光学特性値の変化を検討した。組織が凝固することで換算散乱係数が増加し、治療波長での光の侵達深さはおよそ半分まで浅くなることを明らかにした。この際、レーザー照射時の平均パワー密度を2倍に増加させることにより、深さ方向において、凝固前と同等の組織内エネルギー分布が得られることを示した。

第4章では、低侵襲ながん治療の１つである光線力学療法によるがん組織の光学特性値の変化について検討した。光線力学療法後、がん組織の換算散乱係数が継時的に増加することを明らかにした。光線力学療法の7日後、治療波長での光の侵達深さはおよそ半分まで浅くなることを明らかにした。この知見は、光線力学療法を繰り返して施術する際のレーザー照射条件の設定に重要な知見となると考えられた。

第5章では、邦人皮膚組織の光学特性値を算出し、レーザー照射による邦人皮膚への副作用について定量的に評価した。同じ照射条件において、邦人の方が白人に比べ副作用が起こりやすいことを明らかにした。この知見は皮膚を対象としたレーザー治療機器の開発に有用な情報となると考えられた。

第6章では、以上の成果をまとめた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、生体組織の光学特性値計測システムを開発し、より有効で安全なレーザー医療技術の実現を目的として、光治療の組織光学特性値への影響、および生体組織への副作用を定量的に評価し、高度なレーザー医療技術を提案するものである。

本論文は6章構成である。第１章では、研究の背景として光–生体相互作用の基礎と組織光学特性値について説明している。第2章では、開発した生体組織の光学特性値計測システムの仕様、およびシステムの妥当性の評価結果を示している。第3章では、光熱作用を利用したがん治療法である光凝固治療時の凝固による組織光学特性値の変化、およびその組織内エネルギー分布への影響を評価している。第4章では、光化学作用による低侵襲ながん治療法である光線力学療法の適応拡大を目指して繰り返して光線力学療法を実施するために、光線力学療法後のがん組織の光学特性値計測結果を示している。第5章では邦人皮膚組織の光学特性値を計測し、光熱作用を利用したレーザー治療時の皮膚組織内の光伝搬を解析し、副作用であるやけどの発生確率の人種間の違いについて示している。第6章は本論文の総括であり、本研究で得られた結果をまとめている。

本論文の意義、および特徴は、次の諸点にある。まず、現状のレーザー医療技術において、生体組織内での光の吸収、および散乱を定量的に評価することが重要であるが、生体組織の光学特性値を定量的に評価できるシステムは日本にはなかった。そのため、本論文は生体組織光学特性値を正確に計測可能なシステムを開発したという点に意義がある。また、双積分球光学系、および逆モンテカルロ法を用いており、高速かつ正確に組織光学特性値を計測可能なシステムとなっており、具体的な有効性が示されている。さらに、レーザー治療による治療組織の光学特性値の変化は治療効果に影響を与えると考えられるが、治療による組織光学特性値の変化を評価した例はほとんどない。本論文で示された、がん治療法である光凝固治療、および光線力学療法による組織光学特性値の変化はレーザー治療中、または繰り返し治療の際の組織内のエネルギー分布の変化を示しており、より有効なレーザー治療を行うためには治療中、および治療前に照射条件を制御しながら治療を行う事の必要性が示され、より高度なレーザー医療での治療計画の重要な知見となる点に最大の意義と特徴がある。また、邦人皮膚組織の光学特性値を計測し、レーザー照射時の熱影響を評価した例は初めてであり、さらに人種間の違いによる副作用の影響の違いを定量的に評価した例はなく、臨床での安全性を定量的に評価する技術として価値がある。

以上のように、本論文は生体組織の光学特性値計測システムを用いて光-生体相互作用を定量的に評価することで、新規レーザー治療での有効性や安全性を評価し、より高度なレーザー治療を提示できることを明らかにした。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。