



Quantitative Measurement of Optical Parameters in the Breast Using Time Resolved Spectroscopy : Phantoms and Preliminary In Vivo Results

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 浜松医科大学 公開日: 2014-10-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 鈴木, 一徳 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10271/1009

学位論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨

学位記番号	医博第 156号	学位授与年月日	平成 6年 3月25日
氏名	鈴木 一 徳		
論文題目	Quantitative Measurement of Optical Parameters in the Breast Using Time Resolved Spectroscopy : Phantoms and Preliminary In Vivo Results (時間分解分光計測法を用いた乳房の光学的パラメータの定量的測定 : ファントム実験および初期生体測定の結果)		

医学博士 鈴木一徳

論文題目

Quantitative Measurement of Optical Parameters in the Breast Using Time Resolved Spectroscopy:Phantoms and Preliminary In Vivo Results

(時間分解分光計測法を用いた乳房の光学的パラメータの定量的測定：ファントム実験および初期生体測定の結果)

論文の内容の要旨

【はじめに】

近年、光検出技術等の発達により光を用いた乳癌の診断が再び注目を集め、光イメージングに関する基礎的研究が数多くなされてきた。しかし、使用ファントムの光学的条件は標準化されておらず、必ずしも生体乳房組織の光学的性質を反映してはいなかった。このため、各々の光学的手法の検出能を比較することは困難であった。

一方、Pattersonらにより半無限平板状均一系における光拡散方程式が解析学的に解かれ、時間分解分光計測法 (time resolved spectroscopy) の分野でその応用が可能となった。しかしながら、乳房の形状は有限であり、その光学的パラメータを求める際に境界条件が問題となることが予想された。そこで、本研究では、乳房と同様な境界条件を有したファントムを用い、時間分解分光計測法が乳房の光学的パラメータの定量的測定に適用可能かをまず検討し、ついで生体乳房の光学的パラメータを測定した。

【方法】

ファントム実験では光の吸収量が既知の吸収物質 (india ink) 及び散乱量が算出可能な散乱物質 (latex beads) を含んだ液体ファントムを用い、生体測定では閉経後の58歳女性及び規則正しい月経周期を有する30歳女性の健常な乳房を測定対象とした。

光源として半導体レーザーを用い、波長753nmのパルス光を測定対象に照射し、拡散反射光の時間応答曲線を時間相関単一光子計数法 (time correlated single photon counting method) を用いて計測した。光学的パラメータである吸収係数 (absorption coefficient; μ_a) および散乱係数 (transport scattering coefficient; μ_s') は、得られた曲線を装置関数でディコンボリューションした後に拡散方程式に適合 (curve fitting) させることにより算出した。

照射・受光用ファイバー間距離は10、20、30、40mmとし、測定対象における境界条件の影響についても検討した。

【結果および考察】

ファントム実験から、本測定系ではファイバー間距離が20-30mmであれば、境界条件は問題にならず、乳房類似の大きさを持つ有限なファントムにおいて約10%の誤差で光学的パラメータの定量化が可能であった。ファイバー間距離10mmでは拡散方程式への適合が不安定であった。ファイバー間距離40mmにおいては吸収物質を含まない状態にて境界条件の影響が若干示唆されたものの、乳房の光学的条件測定にはファイバー間距離20-40mmが適切と思われた。

生体乳房では、ファイバー間距離20、30、40mmの平均 μ_a 、 μ_s' 値がそれぞれ58歳女性で0.0028、0.76/mm、30歳女性で0.0068、1.13/mmであり、脳・筋組織における報告例に比べいずれも低値を示した。また、30歳女性の方が吸収・散乱係数ともに高値を呈したが、この差は、加齢・閉経に関わる乳房の組織構成の

変化に関連した個人差によるものと推測された。

【結論】

本測定系にてファイバー間距離が20-40mmならば乳房と同じ有限容積において10%以内の誤差で光学的パラメータが測定可能であった。

また、本法を生体乳房に対して応用し、光学的パラメータを求めた。この値はファントムの光学的条件の標準化に大いに役立つと思われた。

論文審査の結果の要旨

光テクノロジーの発展により画像診断の進歩には著しいものがあるが、乳がんの診断においても光イメージングの研究は重要であり、既に一定の評価を得ている。しかし、基礎的な研究については未解決な問題もあり、その解決が国際的に競われている。

そのような課題の一つとして光学的乳房検査の研究に用いられるファントムの問題がある。ファントムの吸収係数、散乱係数などの光学的パラメータは研究者により様々であり、さらにそれらの値は生体組織のパラメータと必ずしも一致していない場合が多い。

光テクノロジーの進歩を診断の精度の向上に結びつけるために、解析理論、解析方法の確立、ファントム設計の標準化など、基礎的な研究が重要である。

本論文は時間分解分光計測法が乳房の光学的パラメータの定量的測定に適用できるか否かを詳細に検討し、さらに生体乳房についても測定して基本的なパラメータを算出したものである。

主な実験方法は次の通りである。ファントムには吸収物質と散乱物質を含んだ液体ファントムを使用している。半導体レーザーからの波長753nmのパルス光をコリメータレンズを装着した光ファイバーを介して測定対象に照射し、時間相関単一光子計数法により拡散反射光の時間応答曲線を測定している。そして、この曲線と拡散方程式から導かれる時間応答曲線との比較により吸収係数と散乱係数を求めたものである。

本実験により明らかにされた主な点は以下の通りである。

1. ファントムについての実験

本方式つまり時間分解分光計測法は、一定の条件下では乳房の光学的パラメータの定量的測定に適用できることを明らかにした。

照射及び検出用のファイバー間距離が10mmでは拡散方程式との適合が不充分であった。ファイバー間距離40mmでは、吸収物質が存在しない状態において、ファントム境界面での光の損失により吸収係数は過大評価される傾向にあった。ファイバー間距離が20~30mmであれば光学的パラメータの定量化が可能であった。

2. 生体乳房についての測定

58歳と30歳の女性について実際に測定したところ、吸収係数、散乱係数、いずれも脳組織、筋組織での報告例に較べて低い値であった。これは、乳房組織が脳・筋組織に比し豊富な脂肪組織をもっており、そのような組織構成や血液量の差異によるものと考えられた。また、閉経後の58歳女性の吸収係数、散乱係数は共に30歳女性のものよりも低い値であった。乳房では一般的に加齢・閉経に関連して腺組織が脂肪組織によって置換されるが、脂肪組織の占める割合が乳房の吸収係数、散乱係数を決定する要因の一つであることが推定された。

以上のように本論文は、時間分解分光計測法が一定の条件下で乳房の光学的パラメータの定量的測定

に適用できることを確認したものであり、これは国際的にも評価された。さらに生体乳房についても同法を用いて実際に測定し、吸収係数と散乱係数を算出している。乳房における光のふるまいを探求する分野において、本論文は解析理論、解析方法の確立、およびファントム設計の標準化に大いに貢献すると考える。

本論文について主として次のような試問を行った。

1. 時間分解分光計測法によって求めた各パラメータは加齢によりどう変るか
2. 吸収係数、散乱係数を上げる、および下げるパラメータについて
3. 本測定法から得られた結果と、組織の血流及び温度との関連について
4. 光照射用グラスファイバーと光検出用ファイバーの性能の比較
5. 光照射と光検出のグラスファイバーを平行でなく45°にした場合はどうなるか
6. Laser transmission photoscanning 法との比較
7. 本測定法を集団検診に使用する可能性について
8. 断層イメージング法に発展させる可能性はあるか
9. モンテカルロ法によるシミュレーションと本測定曲線との違いはどうか

以上の試問に対する解答は適切であり、本論文は博士（医学）の学位授与に相応しいものと判断され、全委員の賛成によって審査を終了した。

論文審査担当者	主査	教授	森田之大			
	副査	教授	金子昌生	副査	教授	平光忠久
	副査	助教授	木村泰三	副査	助教授	笹倉裕之