



Title	マウス後肢リンパ浮腫モデルにおける新たな評価法としての3Dスキャナーの有用性に関する研究
Author(s)	徐, 東經
Description	配架番号 : 2992
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第16899号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16899
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99744
Type	doctoral thesis
File Information	SEO_Dongkyung_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医 学） 氏 名 徐 東 經

	主査	教授	安齊	俊久
審査担当者	副査	准教授	武田	充人
	副査	教授	小林	弘一

学 位 論 文 題 名

マウス後肢リンパ浮腫モデルにおける
新たな評価法としての 3D スキャナーの有用性に関する研究
(A Study on the Utility of 3D Scanners as a Novel Evaluation Tool
in a Mouse Hindlimb Lymphedema Model)

リンパ浮腫はリンパ機能障害に起因する持続的な腫脹を特徴とし、実臨床における大きな未解決課題である。マウスはリンパ浮腫の研究に広く用いられ、重症度評価に際しては、足底厚測定やノギス、絹糸を用いた周径測定などの接触型評価法が従来用いられてきた。しかし、小動物に対するこれらの手法は測定者依存性が高く、再現性や測定精度に限界があることが指摘されていた。一方、画像診断技術を用いた非接触型評価法は客観性に優れたものの、装置コストや操作の煩雑さといった実用面での制約を伴っていた。

本研究では、マウス後肢リンパ浮腫モデルにおける評価法として、より信頼性が高く、低コストかつ非侵襲的な手法の確立を目的とした。そこで申請者は、3D スキャン技術を用いたマウス後肢リンパ浮腫の評価法を検討した。その結果、3D スキャナーは従来の手法と比較して測定者や浮腫の重症度による測定のばらつきが少なく、精度の高い評価が可能であった。3D スキャン技術は、将来的に従来法に代わる標準化された客観的評価ツールとして、リンパ浮腫研究において有用である可能性が示唆された。実臨床へも応用可能な技術であるうえに、詳細な解剖学的構造の形態解析も可能にし、リンパ浮腫研究にとどまらず、他の生物医学研究分野への応用も期待される。

審査にあたり、まず副査の武田准教授より、本研究で用いられた光学方式の 3D スキャナーは表面形状や色調の影響を受けやすい特性を有するため、被写体表面の性状によるスキャン精度への影響や、それに伴うデータ欠損が生じた場合の対応について質問がなされた。申請者は、表面性状がスキャン品質に影響を及ぼすことは事実であり、本研究においてはクライミング用チョークを塗布することで表面の反射特性を調整し、スキャン精度の向上を図ったと回答した。実際に出てしまった欠損については、平面化機能を用いて評価したと答えた。また近年では、表面性状に左右されにくい性能を有する新しい光学式スキャナーも開発されていると補足した。続いて、 μ CT と比較した場合の測定精度の低下について意見を求められた。申請者は、 μ CT と比較すると精度で劣ることは否定できないものの、既存の測定法と比較すれば測定のばらつきは明らかに抑制されており、特に経時的変化を

追跡する目的においては十分許容可能な精度と考えていると回答した。さらに，subclinical な段階での早期発見や，全体容積以外の評価指標への応用可能性について質問があり，申請者は，3D スキャンによって局所的なリンパ流停滞に伴う形態変化を捉えることができれば，subclinical な状態をより早期に検出できるツールとなる可能性がある」と回答した。

次に，小林教授より， μ CT 装置のコスト面に加え，コスト以外の観点から見た長所について質問がなされた。申請者は，リンパ浮腫モデルの中には放射線を用いる評価法が含まれるものもあり，頻回の測定が必要な場合には，測定行為そのものが病態に影響を及ぼす可能性がある点を指摘した。また，幹細胞投与などの治療効果を検討する研究では，測定時の放射線被曝が幹細胞自体に影響を及ぼす懸念があるため，非被曝で評価可能な光学式スキャナーは明確な優位性を有すると回答した。これに対し小林教授からは，高額ではあるものの，高性能な光学カメラ方式のスキャナーを用いることで，被曝の問題を回避しつつ高精度な評価が可能になるとの助言がなされた。

さらに主査の安斉教授より，臨床現場において本研究で示されたレベルの測定精度が実際に必要とされるのかについて質問があった。申請者は，本研究のみで臨床において求められる最適な精度水準を規定することは困難であるとした上で，被曝を伴わずに頻回測定が可能となることで，日内変動や体位変換，生活習慣による微細な変化を捉えることができれば，診断補助や患者指導の根拠として活用できる可能性がある」と回答した。最後に，シリコンプリントを用いたマウス後肢リンパ浮腫モデルについて，その妥当性および形成外科分野における確立度に関する質問があった。申請者は，実際に作成した後肢リンパ浮腫モデルの臨床写真を提示しながら作成手技を説明し，本モデルは形成外科領域の学会誌において報告されており，同教室においても主として用いられている確立されたモデルであると回答した。

本論文は，小動物リンパ浮腫評価において民生用 3D スキャナーが有効な評価手段となり得ることを明らかにしたものである。今後，実験室レベルでのリンパ浮腫評価にとどまらず，臨床現場における新たなリンパ浮腫評価法としての応用可能性を示唆する点で，意義深い研究であると考えられる。

審査委員一同は，以上の研究成果を高く評価するとともに，大学院課程における研鑽および修得単位を併せて勘案し，申請者が博士（医学）の学位を授与されるに十分な資格を有するものと判定した。