



Title	Towards a Clinical Implementation of Measuring the Elastic Modulus of the Aorta From Cardiac Computed Tomography Images
Author(s)	白川, 岳
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/93047
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

Synopsis of Thesis

氏 名 Name	白川 岳
論文題名 Title	Towards a Clinical Implementation of Measuring the Elastic Modulus of the Aorta From Cardiac Computed Tomography Images (心臓CT画像を用いた臨床における大動脈弾性率の計測の実現に向けて)
<p>論文内容の要旨</p> <p>〔目 的(Purpose)〕</p> <p>大動脈壁の硬さや弾性は、年齢や部位、大動脈疾患の有無によって異なると報告されている。このような弾性を臨床の医用画像で非侵襲的に測定できれば、生体の大動脈の力学的な状態を理解するための強力な手段となるだろう。本研究は、コンピュータ断層撮影（CT）画像を用いて大動脈壁の弾性率を測定するための理論式の構築とその検証を行うことを目的とする。</p> <p>〔方 法(Methods)〕</p> <p>まず材料力学に基づいて理論式の構築を行った。大動脈と同等の円筒形を想定し、実際の大動脈の変形が三次元であることを考慮して円周方向だけではなく、軸方向や厚さ方向も計算するように定式化を行った。また計算式は、内圧（血圧）や血管径、壁の厚さなど臨床的に計測可能なパラメーターのみで構成するようにした。</p> <p>検証実験では、内径26mmのシリコンゴムチューブに拍動する内圧を加えながらCT撮影を行い、内圧とCT画像で測定した血管径と壁の厚さを理論式に当てはめて壁の弾性率を計算した。ただし内圧は生理的な血圧範囲で4段階に変更して実測した。比較のために同じシリコンゴムチューブから幅8mmの短冊状の試験片を切り出し、CT撮影時の内圧と同等の壁応力の範囲で引張試験を行い、シリコンゴムの実際の弾性率を測定した。CT撮影、引張試験とも計測は応力条件毎に9回ずつ行った。</p> <p>〔成 績(Results)〕</p> <p>理論式を導出した結果は次の通りとなった。</p> $(\text{弾性率}) = \{1 + \nu + (1 - 2\nu) \alpha_d^2\} / (1 - \alpha_d^2) \cdot \{R_d P_p / (R_s - R_d)\}, \text{ただし } \alpha_d = R_d / (R_d + t_d)$ <p>R_d : 拡張期の内半径、R_s : 収縮期の内半径、P_p : 脈圧、t_d : 拡張期の壁の厚さ、ν : ポアソン比</p> <p>検証実験の結果は、まずCT撮影時の4つの内圧は94/50、104/61、115/82、128/97 mmHgであった。CT画像と理論式による弾性率は、それぞれの内圧条件で0.525 [0.524, 0.527], 0.524 [0.520, 0.524], 0.520 [0.515, 0.523], 0.522 [0.516, 0.532] (単位: MPa, 中央値 [25%, 75%分位値])であった。一方、引張試験での実測弾性率は、それぞれ0.548 [0.539, 0.566]、0.535 [0.528, 0.553]、0.526 [0.513, 0.543]、0.523 [0.508, 0.530]であった。各内圧条件でのCT計測値の誤差は、4.2%、2.1%、1.1%、0.2%であった。</p> <p>〔総 括(Conclusion)〕</p> <p>我々の理論式は、CT画像を用いて生理的圧力条件下におけるシリコンゴムチューブの弾性率を良好に推定することができた。式は臨床現場で使われるパラメーターから構成されているため、臨床への導入も容易である。本手法を用いることによって実際の大動脈壁の弾性率をCT画像で正確に計測できると考えられる。このような力学的な特性を知ることが、大動脈疾患における現象の理解を助け、より精度の高い予後予測に役立つ可能性がある。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

(申請者氏名) 白川 岳				
論文審査担当者	(職)	氏 名		
	主 査	大阪大学教授	宮川 繁	署 名
	副 査	大阪大学教授	坂田 泰史	署 名
	副 査	大阪大学教授	新谷 康	署 名

論文審査の結果の要旨

著者らは大動脈壁の弾性率を画像上で計算するための理論式を構築し、検証実験を行った。理論式の構築では、円筒形における内圧や径、壁の厚さを用いて以下の定式化を行った。

$$(\text{壁弾性率}) = \frac{1 + \nu + (1 - 2\nu)\alpha_d^2}{1 - \alpha_d^2} \cdot \frac{R_d P_p}{R_s - R_d} \quad \text{ただし、} \alpha_d = \frac{R_d}{R_d + t_d}$$

R_d : 拡張期半径、 R_s : 収縮期半径、 P_p : 脈圧、 t_d : 拡張期の壁の厚さ、 ν : ポアソン比

検証実験では内径26mmのシリコンゴムチューブに拍動圧を加えながらCT撮影し、理論式から壁弾性率を計算して引張試験での実測値と比較した。結果、4つの内圧条件、94/50、104/61、115/82、128/97 mmHgにおいて、理論式とCT画像による推定値の誤差は、それぞれ4.2%、2.1%、1.1%、0.2%であった。著者らはCT画像と理論式を用いることでシリコンゴムチューブの弾性率を良好に推定できることを示し、ヒトの大動脈の壁弾性率をCT撮影によって非侵襲的に計測できる可能性を示した。

この研究は、大動脈瘤や解離、破裂、結合組織疾患のような大動脈疾患の進展や発症において、大動脈壁の力学的特性がどのような影響を及ぼすかを定量的に評価するための手法を与えるものであり、博士（医学）の学位授与に値する。