

主 論 文 要 旨

報 告 番 号	甲 乙 第	号	氏 名	世 良 俊 博
主論文題名				
Localized compliance of airways, applied to respiratory flow of patient with obstructive airway diseases. (気管支の局所コンプライアンスの評価および肺疾患患者の気道内流れへの影響)				
内容の要旨				
<p>気管支のコンプライアンスは、気道内の力学現象を検討する際の重要なパラメータの1つであると同時に臨床において肺機能を表す指標の1つである。従来肺全体を評価した巨視的なものであった。しかし、気道内の力学現象は気道壁という局所のコンプライアンスの影響を受け、さらに肺疾患も気道の局所で発生する。そこで本研究では肺、特に気管と細気管支の局所コンプライアンスを評価した。さらに、気管狭窄患者の気道内流れに注目し、気管の局所コンプライアンスが狭窄周りの流れ場に対する影響を検討した。</p> <p>気管は、膜様部と軟骨輪の異なった2つの組織から構成されている。膜様部・軟骨輪のそれぞれのヤング率を算出するために、形状が比較的ヒトに近いブタの気管を用いて、圧力-変位曲線を計測した。膜様部を等分布荷重が作用する薄肉平板、軟骨輪を等分布荷重が作用する薄肉円筒シェルの一部と仮定し、圧力-変位曲線のフックの法則が成立する範囲でヤング率を算出した。膜様部と軟骨輪のヤング率は、0.65 ± 0.32 MPa、5.8 ± 2.9 MPaであった。</p> <p>細気管支部位は、臨床的に重要な部位であるが、従来軟組織という生理的条件下で可視化された報告はない。そこで、ラット摘出肺を用いて肺組織内の細気管支を軟組織の状態で見える方法を提案した。本実験では、血管内に灌流した造影剤が血管から漏れ肺組織を染色し、その後コーンビーム型マイクロCTを用いて撮影した。本手法によって軟組織の状態で見える150 μm程度の細気管支を世界で初めて3次元的に可視化した。</p> <p>さらに、本手法を用いて細気管支部位の局所コンプライアンスを定量化した。細気管支は呼吸に伴い大変形し、機能的残気量時と比較して気管支の長さは、1回換気量後、最大肺容量時で18.43%増加し、直径はそれぞれ36.89%増加した。細気管支の直径は(肺体積)^{1/3}に対して非線形に変化し、また細気管支体積も肺体積に対しても非線形に変化した。これらの結果は、細気管支の変形は等方的でないことを示唆している。局所コンプライアンスは世代とともに増加し、呼吸の際は気管支が同時に変形するのではなく、肺胞に近い細気管支ほど圧力が小さい時期に変形した。</p> <p>最後に、気管壁の局所コンプライアンスが気管狭窄患者の気道内の流れに与える影響を調べた。本研究では、実際の気道狭窄患者のCT画像から形状を再現し、気道壁の運動が模擬するため上記で算出したヤング率から壁の厚さを調節することにより、生体内の環境を再現したモデルを製作した。特に乱流強度はやわらかい膜様部側で減少した。特に吸気時では気管支壁が剛体の場合と比較して33%であった。同様に呼気時で乱流強度は減少したが、その減少率は吸気時と比較して小さかった。</p> <p>このように気管支は呼吸の際に大変形する。本研究で提案した局所コンプライアンスは、肺機能の指標となる可能性だけでなく、肺全体での換気メカニズムを解明する際の重要なパラメータとなる。</p>				