

第 28 回バイオフィロントニア 講演会に参加して

熊 本 真 大

Masahiro KUMAMOTO

機械システム工学専攻修士課程 2 年

1. はじめに

私は、2017 年 10 月 28 日から 29 日に徳島大学で開催された第 28 回バイオフィロントニア講演会に参加し、「膀胱下垂モデルを用いた骨盤底弛緩に対するサポート下着の効果的な着圧分布の探索」という題目で発表を行った。以下にその概要を示す。

2. 緒言

女性特有の泌尿器疾患である腹圧性尿失禁や骨盤臓器脱は、妊娠・分娩、加齢による骨盤底筋群の弛緩により、骨盤内臓器が下垂することで発症する⁽¹⁾。これに対し、下着のサポート力により、下垂した膀胱を挙上させることで症状が改善することが報告されているが、より改善効果の高い下着の設計のためには、下着の締め付け力と膀胱の挙上量の力学的関係を解明する必要がある。これまでに著者らは、尿失禁症状のない被験者の MRI 画像に基づく正常な膀胱位置の臀部の有限要素モデルを用い、下着の着圧を負荷した際の膀胱頸部挙上量の評価を行ってきたが、尿失禁症状を有する被験者を想定し、膀胱の下垂を考慮した位置からの挙上量の解析が望まれる。本研究では、膀胱挙上に有用な下着の着圧比の提示を目的とし、既存の正常な膀胱位置のモデルを基に膀胱下垂モデルを構築し、下着の着圧負荷分布に対する膀胱頸部の挙上量の変化を評価した。

3. 方法

3.1 膀胱下垂モデルの構築

正常な膀胱位置の臀部有限要素モデルに対し、膀胱に体軸方向下向きの荷重を負荷し、膀胱を下垂させた有限要素モデルを構築した。まず、膀胱の体軸

方向における下垂量を設定した。臨床的な研究において、膀胱頸部の位置は、恥骨尾骨ラインから膀胱頸部までの垂線距離とされ、経産婦の膀胱頸部の位置は、未産婦に比べ平均で 6.6 mm 下降していることが報告されている。本研究では、この 6.6 mm を尿失禁症状の有無による差と仮定した。次に、画像処理システム Image J に被験者の MRI 画像を取り込み、膀胱頸部の位置と水平方向との角度を計測した結果、62.4° の値が得られた。この値を基に、尿失禁症状の有無による差 6.6 mm を体軸方向（z 軸方向）に変換した値である 5.8 mm を膀胱下垂量に設定した。また、医用画像から有限要素モデルの構築および有限要素解析が可能な Mechanical Finder（株式会社計算力学研究センター）に被験者の MRI 画像を取り込み、骨盤、膀胱、軟組織により構成される正常な膀胱位置の臀部有限要素モデルを構築した。そのモデルを Fig. 1 に示す。さらに、膀胱頸部が設定した下垂量に至るまで、膀胱の全節点に均等に体軸方向下向きの荷重を負荷する解析を行った。臀部有限要素モデルの材料特性を Table 1 にそれぞれ示す。膀胱に総荷重 12.4 N を負荷したとき、膀胱頸部の体軸方向変位は 5.8 mm に達した。この下

Table 1 Material properties

	Young's modulus [MPa]	Poisson's ratio
Soft tissue, Bladder	3.7×10^{-3}	0.40
Pelvis	20×10^3	0.30

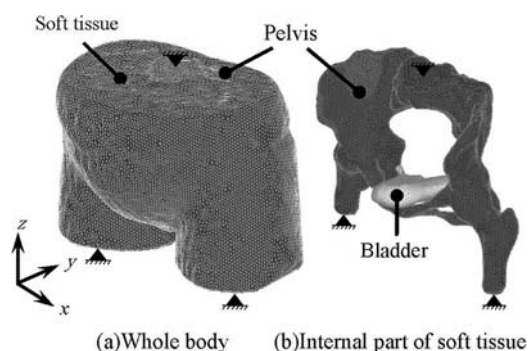


Fig. 1 FE model of buttock

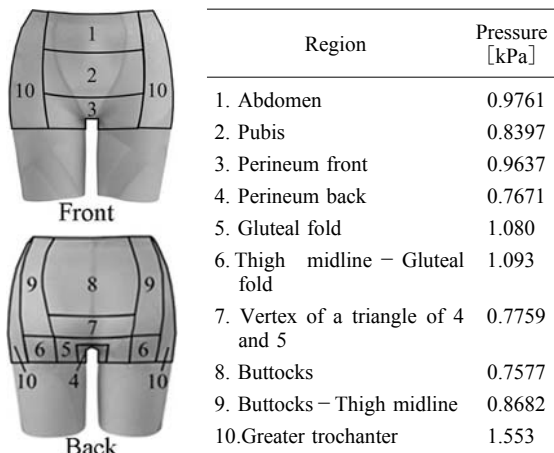


Fig. 2 Pressure of supportive underwear

垂した膀胱を臀部有限要素モデルに挿入し、膀胱下垂モデルと定義した。

3.2 下着の着圧に対する膀胱頸部の挙上量の評価

構築した膀胱下垂モデルにサポート下着の着圧負荷の変化を与え、膀胱頸部の挙上量の変化を評価した。材料特性は Table 1 と同一の値を用いた。Fig. 1 のように、骨盤断面の上下3点を拘束し、軟組織の周囲に Fig. 2 のように計測された既存の下着の着圧分布を付与した Case A, Case A を基に、腹部（領域1）の着圧を 1.55 kPa に上昇させた Case B, 股下から尾骨付近（領域4, 5, 7）の着圧を 1.55 kPa に上昇させた Case C, 腹部と臀部（領域1, 2, 8, 9）の着圧を 0.530 kPa に低下させ、股下から尾骨付近（領域3, 4, 5, 6, 7）の着圧を 1.55 kPa に上昇させた Case D の解析を行い、膀胱頸部の挙上量を評価した。

4. 解析結果と考察

各 Case の膀胱頸部の体軸方向挙上量を Table 2 に示す。まず、Case B, C の結果より、腹部の着圧の上昇は膀胱頸部の挙上を妨げ、股下から尾骨付近

Table 2 Elevation magnitude of the bladder neck

Case	A	B	C	D
Elevation magnitude of the bladder neck [mm]	1.9	1.6	3.8	4.6

の着圧の上昇は膀胱頸部の挙上に効果的であることが示された。これは、臨床的な実験結果の傾向と一致しており、本シミュレーション手法は、膀胱の挙上効果の高い下着の着圧比の探索に有用であると考えられる。次に、Case D の着圧負荷により、本研究で最大の膀胱挙上量である 4.6 mm が得られ、膀胱頸部の挙上には、腹部と臀部側の圧力の低下と股下から尾骨付近への圧力の上昇が有用であることが示された。さらに、各 Case とも、先行研究の正常な膀胱位置の有限要素モデルにより評価された膀胱挙上量より 0.3 mm から 0.5 mm 上昇する傾向を示し、膀胱の下垂の考慮が、より効果的なサポート下着の設計指針の検討に重要であることが示された。今後の課題として、本研究では、各荷重領域の圧力を締め付け感があるとされる下着の着圧の最大値（1.550 kPa）と最小値（0.530 kPa）のみを用いて変更しているため、より挙上効果の高い着圧分布が存在する可能性がある。このため、より適切な下着の着圧分布の組み合わせや設計指針を探索・提示する必要があると考えられる。

5. おわりに

今回の発表で多くの研究者から質問や意見をいただき、大変参考になりました。ご指導いただいた田原大輔先生、滋賀医科大学の皆さま、研究室の皆さまに深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 二宮ほか、看護理工学会誌, 1, 31-39, 2014.