

## 尿失禁診断装置の開発に関する基礎的研究

尾股 定夫、村山嘉延（日本大学）、山口 脩、芳村 康邦（福島県医大）、  
Chris.E.Constantinou（スタンフォード大学医学部）

**Development of new instrument for the clinical evaluation of pelvic floor biomechanics**  
**S.Omata, Y.Murayama(Nihon University), O.Yamaguti, Y.Yoshimura(Fukushima**  
**Medical School), Chris.E.Constantinou(Stanford University)**

Abstract—We developed a novel and directionally sensitive multiple biosensor probe designed to localize the weakness of the pelvic floor muscle. The sensor probe is intended for clinical applications to evaluate the biomechanical properties of the perivaginal smooth and skeletal muscles. In addition system proposed here is designed to evaluate the dynamic distribution of pelvic floor forces during voluntary contraction.

**Keywords : incontinence, stress-strain curves, contact pressure, FET sensor, displacement sensor**

### 1. まえがき<sup>1)</sup>

一般に、正常な排尿機能は無意識な状態で尿を膀胱組織内に蓄積させて、膀胱内のセンサが尿レベルを感知して意識的に尿を排出できるシステムとして構築されている。従って、尿失禁とは、これらの機能が十分に機能しない状態で、時には自分の意思とは無関係に尿が漏れてしまう疾患で、社会的に、しかも衛生的に支障をきたした症状として定義されている。

このような尿失禁に関しては、大別して（１）腹圧性尿失禁、（２）切迫性尿失禁、（３）溢流性尿失禁、（４）機能性尿失禁などに分類されている。

腹圧性尿失禁は、くしゃみや生理的な反射による急激な動作や階段の上り下りなどの動作により、腹部に圧力がかかったときに生じる疾患である。特に、このような腹圧性尿失禁に対して女性の約40%以上の方が悩まされている。また切迫性尿失禁は、脳や脊椎などの神経障害から膀胱機能がダメージを受け、年齢や男女に関係なく生じる疾患である。溢流性疾患は前立腺肥大症や前立腺がん、尿道狭窄などだ、主として男性に多い疾患として特徴がある。一方機能性尿失禁は、排尿機能が正常にもかかわらず、身体機能の運動障害低下

や痴呆などによる原因で起こる症状である。

尿失禁には、以上のような症状があるが、現在の女性にとって最も重要な障害は、腹圧性尿失禁が大きな問題として、しかも極めて深刻な疾患として認識されるようになった。特に、高齢化社会への移行と共に、このような疾患は女性にとっても重大な関心事として注目されるようになり、しかも適切な診断や治療法によって改善できることが知られるようになった。

一方、このように尿失禁には様々な症状があるが、診断と検査を的確に行うことが重要となる。現在、主として行われている尿失禁の診断法には、その症状や病状に沿って血液や最近の有無を調べる排尿検査や超音波画像診断、尿流量測定、膀胱内圧測定、尿道内圧測定、リークポイント・プレッシャー測定、尿道括約筋・筋電図測定、プレッシャーフロースタディーなどによって行われているが、必ずしも満足すべき診断法が確立されていない。特に、腹圧性尿失禁の治療には、骨盤底筋の外科的治療や骨盤底筋を十分鍛える為の電気的な刺激法、また身近な体操などによって手軽にできる治療法もあるが、定量的な診断法が確立されていないので、治療法も十分満足できるレベル

にまで達していない。

現在、女性の尿失禁を定量的に診断する手法として、女性の膣内に応力一歪検査装置を挿入して診断する基礎的な研究もなされているが、未だ実用に耐えうるレベルにまで達していない。そこで、本研究では、新しい原理を適用して女性の尿失禁を定量的に診断する新しい検査装置の開発を試みている。

## 2. 体腔内用尿失禁診断装置の試作

女性の膣内で尿道括約筋を定量的に計測するにはセンサおよび検査用プローブを小型化することが極めて重要となる。しかも、括約筋の圧縮過程や弛緩する過程を応力一歪特性として計測するには膣内周囲組織全体の動的特性が重要となるので、センシング法も複雑なシステムとなり易い。現在、括約筋の動作を筋電図から計測する手法も臨床現場で使用されているが、骨盤底筋の各部の特性を独立に測定することは困難である。

Fig.1 は現在、本研究室で試作・開発を行っているシステムのセンサ部の概略図を示す。図のようなカンチレバーを利用して、接触部に圧力センサを固定して応力一歪を測定するシステムおよびバルーンを利用して計測するセンサプローブを試作開発している。

本報告ではカンチレバー型の計測システムの概略について、臨床現場への応用を検討している。Fig.2(a)(b)はセンサプローブの動作機構と計測システム及びセンサ素子の構造を示す。図のようにこのセンサプローブは4チャンネルで、先端部に固定された歪ゲージ型の圧力センサは、体腔内組織部位での接触圧を計測する。また、体腔内組織の応力歪を計測する場合には、図のようにカンチレバーを拡張・収縮して計測するが、このときの変位量はホール素子を利用して各部の拡張の大きさを求めている。

このときの各部のセンサ素子およびカンチレバーの駆動はそれぞれが独立した形で構成されているので、体腔内組織の各部の収縮・拡張の運動特性を計測できる。

Fig.3 は試作開発した尿失禁診断装置で、体腔内組織部位での計測も十分可能である。拡張時の最大直径は約60mmまで可能で、最小収縮時には23mmまで小さくすることが可能である。

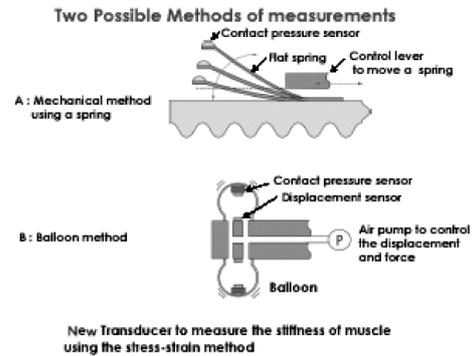
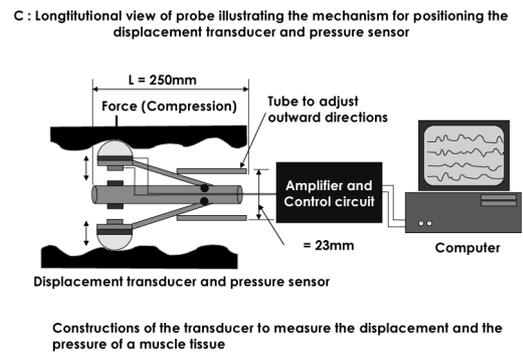
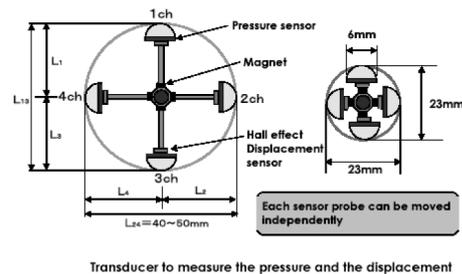


Fig.1 Two type sensor probe of measurements



(a) Sensor probe and its driving lever



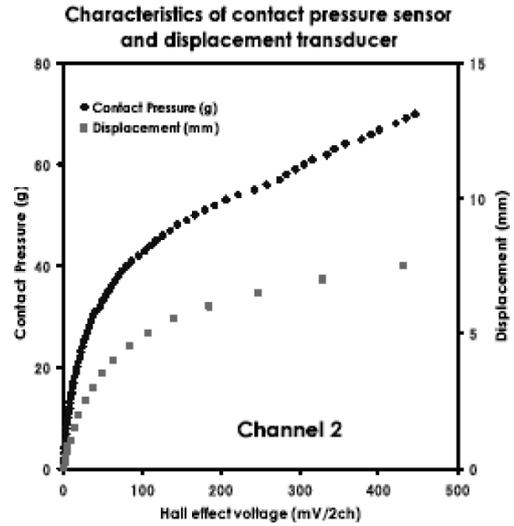
(b) probe sensor orientation shown expanded for measurement and retracted for insertion.  
Fig.2 (a),(b) Sensor probe and its driving system.



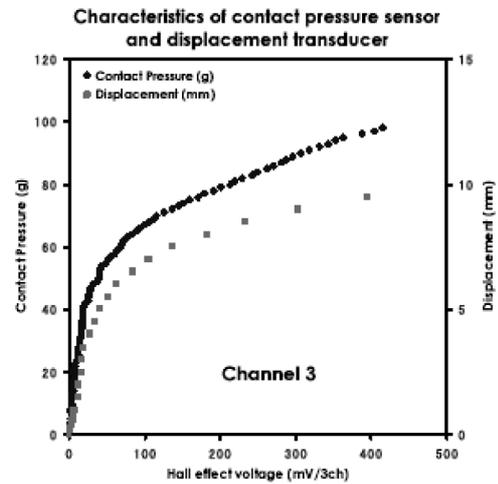
Fig.3 Picture of sensor probe and measuring system for the clinical evaluation of pelvic floor biomechanics.

Fig.4 は各チャンネルの圧力センサ及びカンチレバーの変位によるホール素子での計測特性を示す。各々の特性は図に示されるように若干異なるが、接触圧およびカンチレバーの駆動特性が容易に計測できる。接触圧をセンシングする歪ゲージ型のセンサ素子はほぼ荷重に比例し、カンチレバーも駆動特性もほぼ同じような傾向を示している。

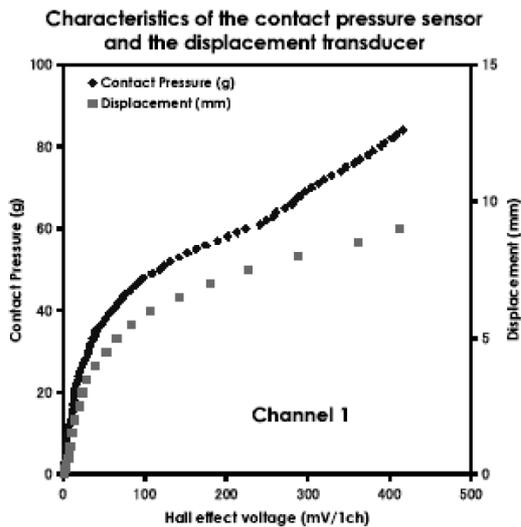
ただし、各部の圧力センサおよびカンチレバーの特性は、最大各拡張時をゼロとして収縮するための接触荷重及び収縮過程の特性を示している。



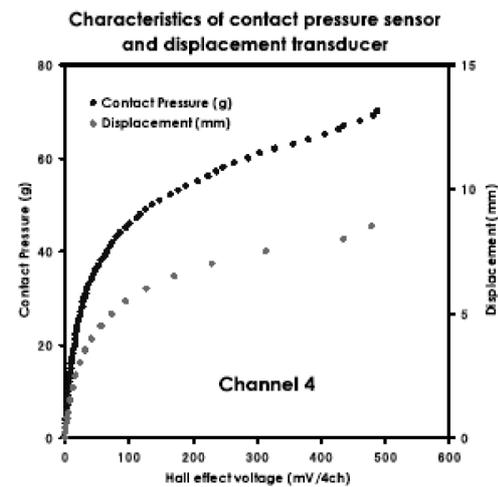
(b) Channel 2



(c) Channel 3

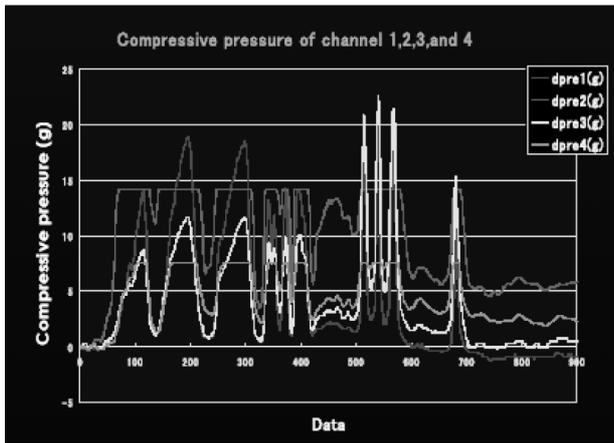


(a) Channel 1

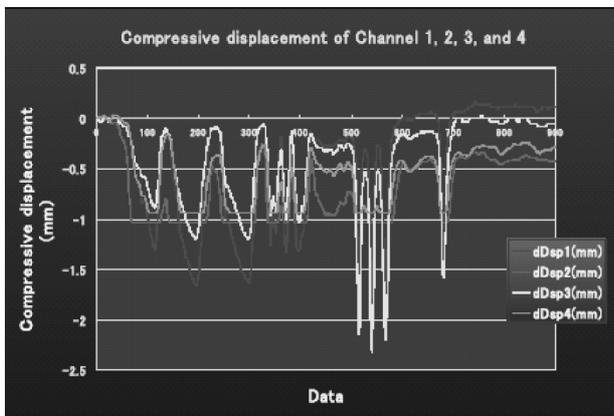


(d) Channel 4

Fig.4 Comparative displacement and pressure Calibration curves.

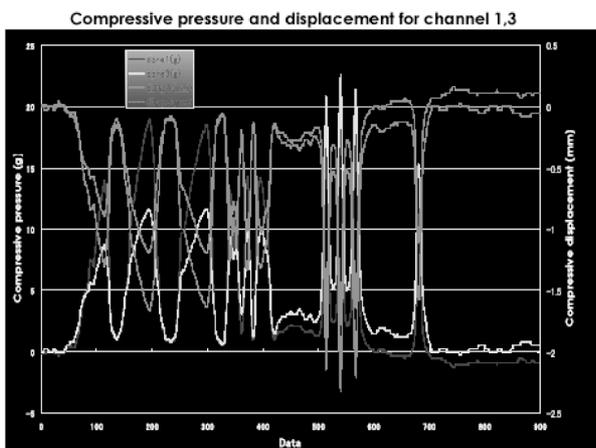


(a) compressive pressure



(b) Compressive displacement

**Fig.5 Typical multi-channel recording showing force and displacement of on patient during contraction, slow event, and coughing fast events.**



**Fig.6 Compressive pressure and displacement for channel 1 and channel 3.**

### 3. 測定果および考察

Fig.5 は患者の骨盤底筋の動きを測定した結果である。図(a)は各チャンネルの接触圧荷重の特性で、図(b)は圧縮変位特性を示す。

チャンネル1, 3は左右の骨盤底筋の動作を示し、チャンネル2と4は体の前後における動きを示している。チャンネル2と4は体腔内部(膣)が常に圧縮された状態にあるので、図のように差中レートしたような特性を示している。チャンネル1と3は、体腔内部に若干のスペースがあるので左右の動きの状態を比較的明確に計測されていることを示している。

測定結果の中で、比較的緩やかな変化を示す特性は、骨盤底筋をゆっくりと収縮させたときの変化を示したものである。また、くしゃみをした場合には、筋肉が急激に収縮するので図のように急峻な特性を示している。

しかしながら、常に体腔内部組織が圧縮された状態ではあまり正確に計測されていない。

Fig.6 はチャンネル1と3の接触荷重および変位の計測結果を同時に示したものである。図に示されるように、左右の特性がほぼ同じような状態で計測されていることが認められる。

以上のようなことから、体腔内部(膣)での骨盤底筋を定量的に計測できる可能性が認められた。今後、再現性や簡便性などを考慮しながら改善を進め、尿失禁の定量的な診断法として臨床現場での使用に耐え得る新しい装置の実現を目指す。

### 4. 文献

- (1) Contantinou CE, Hvistendahl G, Ryhammer A, Nagel LL, Djurhuns JC "Determining the displacement of the pelvic floor and pelvic organs during voluntary contraction using MRI in younger and older women", BJU International 90: 408-414,2002.