

การออกแบบและสร้างเครื่องประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกราน

สกุลตลา คำถาวร*, สุเมธี ธนังกุล, M.Sc.*, สมบัติ ธนะวันต์, Ph.D.*, จิตติมา มโนชัย, M.D.**,
กุลณสรณ์ สายขุน, Ph.D.*, สุธี ยกสำน, M.D., Ph.D.*

*Biomedical Instrumentation Research and Development Center, Institute of science and Technology for research and Development, Mahidol University, Thailand

**Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital, Mahidol University, Thailand

บทคัดย่อ

การตรวจวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานช่วยในการวินิจฉัยและการจัดการสำหรับภาวะกลั้นปัสสาวะไม่อยู่ชนิดปัสสาวะเล็ดในผู้ป่วยที่พบว่ามึกล้ามเนื้อเชิงกรานอ่อนแรง การตรวจวัดซ้ำทำให้สามารถติดตามความก้าวหน้าของโรคและการตอบสนองต่อการรักษา วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อสร้างเครื่องประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกราน และจัดเก็บข้อมูลที่ได เครื่องนี้ถูกออกแบบให้สามารถวัดความดันที่เปลี่ยนแปลงภายในช่องคลอด ขณะที่เกร็งและคลายกล้ามเนื้อเชิงกราน โดยเครื่องประกอบด้วยส่วนของ Vaginal probe, Pressure sensor, Signal conditional system, Data acquisition circuit และส่วนแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ โดยการออกแบบโปรแกรม LabVIEW เพื่อใช้ในการแสดงผล, เปรียบเทียบย้อนหลังและจัดเก็บข้อมูล ซึ่งจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเครื่องนี้มีความแม่นยำในการตรวจวัดที่ระดับความดัน 0-30 mmHg ประมาณ 98% และที่ระดับความดัน 30-100 mmHg ประมาณ 99% นอกจากนี้ในการเปรียบเทียบค่าความดันสูงสุดจากการเกร็งกล้ามเนื้อเชิงกรานที่ทำกรวัดด้วยเครื่องนี้กับระดับความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานที่วัดตามระบบ The modified Oxford grading system ของผู้หญิงจำนวน 42 คน แสดงความสัมพันธ์สูงในเชิงบวก ($r = 0.84$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.05$, 95% CI) ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องนี้สามารถใช้ประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานทางคลินิกได้

1. บทนำ

กล้ามเนื้อเชิงกราน(Pelvic floor muscle) เป็นกล้ามเนื้อลักษณะคล้ายเปลญวนซึ่งจากกระดูกเชิงกรานไปกระดูกก้นกบ ทำหน้าที่ในการรองรับอวัยวะในอุ้งเชิงกรานคือ ภาวะปัสสาวะ มดลูกและทวารหนัก ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ levator ani (pubococcygeus, iliococcygeus, puborectalis) กับ coccygeus โดยมีช่องคลอด ท่อปัสสาวะ และทวารหนัก ลอดผ่านช่องกล้ามเนื้อ levator ani ออกมา โดยกล้ามเนื้อ pubococcygeus จะส่งใยกล้ามเนื้อมาหุ้มท่อปัสสาวะและสามารถเกร็งตัวบีบท่อปัสสาวะ

ช่วยในการกลั้นปัสสาวะ ซึ่งในภาวะที่กล้ามเนื้อเชิงกรานอ่อนแรงจะทำให้ส่วนคอกระเพาะปัสสาวะท่อปัสสาวะส่วนต้น และท่อปัสสาวะส่วนกลางเคลื่อนต่ำลงมาและหมุนออกจากเชิงกรานเนื่องจากขาดสิ่งรองรับ เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความดันในช่องท้องโดยไม่มีการบีบตัวของกล้ามเนื้อกระเพาะปัสสาวะ เช่น ไอ จาม หัวเราะ ยกของ เบ่ง ก็จะดูตามแรงที่มากระทำ เป็นผลให้แรงดันในท่อปัสสาวะน้อยกว่าแรงดันในช่องท้องและกระเพาะปัสสาวะ ทำให้ bladder neck เปิดออก จึงเป็นผลให้ปัสสาวะเล็ดออกมาได้เราเรียกภาวะนี้ว่า Stress urinary incontinence

(SUI) ภาวะนี้จะพบได้ในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย 2-4 เท่า ผู้หญิงที่มีปัญหาหลักันปีศาจจะไม่อยู่จะมีผลทำให้คุณภาพชีวิตด้อยลงไป ยิ่งถ้ามีอาการรุนแรงมากยิ่งขึ้นก็มีความกังวลสูง โดยเฉพาะภาวะปีศาจเรื้อรังที่พบมากในผู้หญิงอายุน้อยและวัยกลางคน ซึ่งเป็นช่วงชีวิตของวัยทำงานและการเข้าสังคม ผู้หญิงเหล่านี้จะรู้สึกว่าตัวเองดึงดูดความสนใจน้อยลง กิจกรรมทางเพศลดลงและความเชื่อมั่นในตัวเองลดลงทำให้เกิดความวิตกกังวลและซึมเศร้าตามมาได้และยังพบว่าภาวะหลักันปีศาจจะไม่อยู่ยังเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อในระบบทางเดินปีศาจ ดังนั้นภาวะนี้จึงมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตทั้งทางด้านสุขอนามัย, การเข้าสังคม, ดานจิตใจตลอดจนความสัมพันธ์ทางเพศและทางเศรษฐกิจ

ปัจจัยเสี่ยงของภาวะปีศาจเรื้อรังได้แก่การตั้งครรภ์ การคลอดบุตร ความอ้วน ภาวะหมดประจำเดือน การผ่าตัดมดลูก ในผู้หญิงที่พบว่ากล้ามเนื้อเชิงกรานอ่อนแรง การตรวจวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเชิงกรานและการตรวจซ้ำสามารถใช้ติดตามความก้าวหน้าของภาวะหลักันปีศาจไม่อยู่ชนิดปีศาจเรื้อรังและการตอบสนองต่อการรักษามีวิธีการที่แตกต่างกันหลายวิธีในการประเมินการทำงานและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเชิงกรานได้แก่ digital test , Ultrasound and MRI, EMG, Manometer โดยอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานด้วยการตรวจวัดความดันจากการเกร็งและคลายกล้ามเนื้อเชิงกรานถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในปี 1974 Dr. Arnold kegel สูตินรีแพทย์ชาว California ได้คิดค้นเครื่อง biofeedback ใช้กับผู้ป่วยแม่บ้านที่มา รักษาอาการหลักันปีศาจไม่อยู่ในคลินิกซานเมือง Los angeles เป็นครั้งแรก เครื่องมือที่คิดค้นขึ้นใช้ air-pressure balloon ต่อเข้ากับ air pressure gauge

สำหรับในการศึกษาวิจัยวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเชิงกรานที่สามารถใช้ในการตรวจติดตามความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเชิงกราน โดยการ

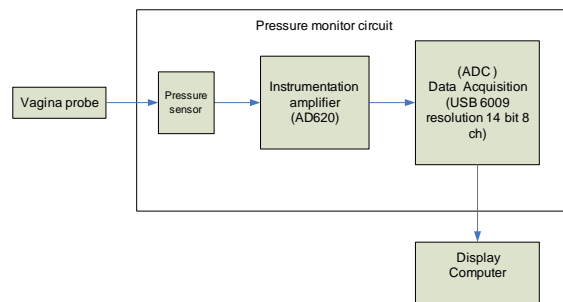
ออกแบบโปรแกรมที่สามารถแสดงผลการวัดแบบ real-time, บันทึกผลและวิเคราะห์ผลที่คอมพิวเตอร์พกพาได้

2. วัสดุและวิธีการวิจัย

เครื่องที่ทำการออกแบบจะแบ่งหน้าที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการตรวจวัดและส่วนการแสดงผล

2.1 ส่วนการตรวจวัด

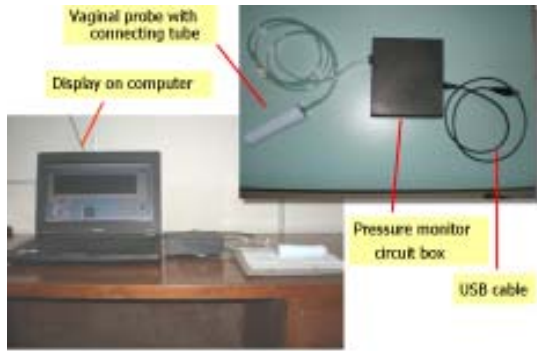
จะประกอบด้วย vaginal probe, pressure sensor, signal conditioning, data acquisition system, Personal computer โดยการทำงานของส่วนต่างๆแสดงตาม Block Diagram รูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 แสดง Block Diagram ของเครื่องประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกราน

Vaginal probe เป็นอุปกรณ์ที่สอดใส่ใน vagina ทำหน้าที่รับแรงดันที่เกิดจากการเกร็งและคลายของกล้ามเนื้อเชิงกราน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันภายใน probe ซึ่งจะส่งต่อความดันไปยัง Pressure sensor ผ่านทางท่ออย่างที่เชื่อมต่อ probe กับ pressure sensor จากนั้น Pressure sensor จะตรวจจับความดันที่เปลี่ยนแปลงแล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า แต่สัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำมาก ซึ่งยังไม่อยู่ในระดับที่แรงพอที่จะทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของดิจิทัลได้ ต้องอาศัยการปรับสภาพสัญญาณ โดยสัญญาณที่ได้จาก Pressure sensor จะถูกส่งต่อไปยัง Instrumentation Amplifier เพื่อทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น สัญญาณที่ขยายแล้วจะถูกส่งต่อไปยัง Data Acquisition Systems ซึ่งส่วน

ของวงจร Data Acquisition Systems นี้จะมีส่วนที่ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลและแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลที่คอมพิวเตอร์นำไปประมวลผลได้ สัญญาณดิจิทัลที่ได้จะถูกส่งให้ Personal computer ผ่านทาง USB port แล้วนำไปวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลบนหน้าจอ โดยส่วนนี้มีการออกแบบโปรแกรมให้เป็นลักษณะการเชื่อมต่อกันระหว่างผู้ใช้และคอมพิวเตอร์ ด้วยการใช้โปรแกรม LabVIEW และบันทึกผลใน Microsoft EXCEL ลักษณะของเครื่องประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานที่ออกแบบสร้างแสดงดังรูปที่ 2



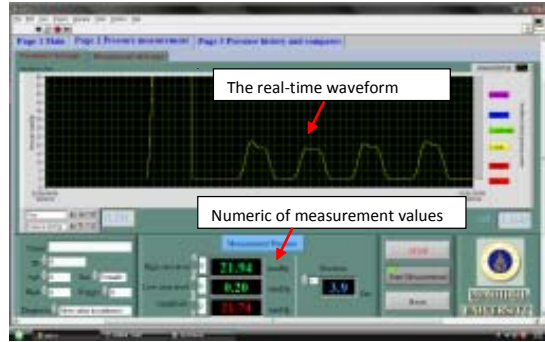
รูปที่ 2 เครื่องประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานที่ออกแบบสร้าง

2.2 ส่วนการแสดงผล

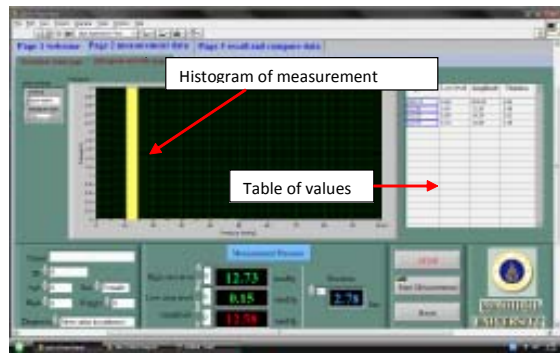
ใช้โปรแกรม LabVIEW โดยการออกแบบโปรแกรมใหม่ 2 หน้าทีคือ

- Pressure measurement function การแสดงผลการตรวจวัดในแบบ real-time waveform, ตัวเลข, progress bar, histogram และตาราง รวมทั้งเชื่อมต่อกับ Microsoft EXCEL 2003 เพื่อบันทึกข้อมูลแสดงการออกแบบหน้าจอบนคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 3 และ 4

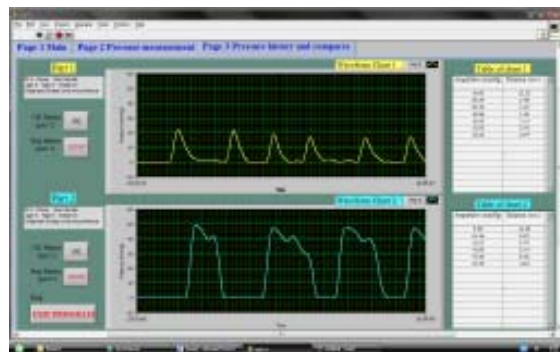
- Pressure history and compares function แสดงการเรียกดูผลย้อนหลังและการเปรียบเทียบผลในแบบ waveform chart และ ตาราง แสดงการออกแบบหน้าจอบนคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 5



รูปที่ 3 การแสดงผลการตรวจวัดในแบบ real-time waveform, ตัวเลข, progress bar



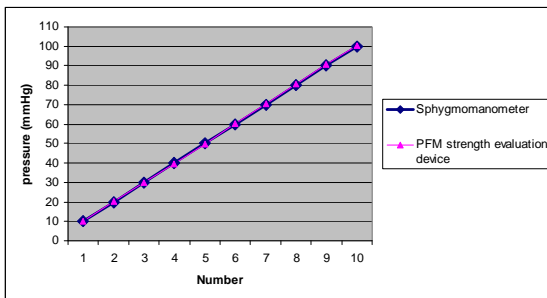
รูปที่ 4 การแสดงผลการตรวจวัดในแบบ histogram และตาราง



รูปที่ 5 ส่วนการเรียกดูผลย้อนหลังและการเปรียบเทียบผลแบบ waveform chart และ ตาราง

3. ผลการวิจัย

เมื่อทำการทดสอบความแม่นยำของเครื่องมือที่ออกแบบสร้างนี้ โดยเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความดันโลหิตแบบปรอทที่ได้รับการสอบเทียบจากกองวิศวกรรมการแพทย์ในการตรวจวัดความดันที่ระดับ 10,20,30,40,50,60,70,80,90 และ 100 mmHg ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการตรวจวัดความดันที่ระดับ 10,20,30,40,50, 60,70,80,90 และ 100 mmHg ของเครื่องประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานและเครื่องวัดความดันโลหิตแบบปรอท

พบว่าที่ระดับความดัน 0-30 mmHg มีค่าความแม่นยำในการวัดประมาณ 98% และที่ระดับความดัน 30-100 mmHg มีค่าความแม่นยำในการวัดประมาณ 99% และเมื่อทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ออกแบบขึ้นใน 2 ส่วน สามารถแสดงผลได้ตามที่ออกแบบไว้ ในการทดสอบทางคลินิกมีผู้เข้าร่วมวิจัยเพศหญิงจำนวน 42 คน โดยทำการทดสอบที่หน่วยตรวจผู้ป่วยนอกสูติ - นรีเวชโรงพยาบาลรามาริบัติโดยการทดสอบนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหิดล และผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนลงนามยินยอมในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการการวิจัย มีเกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยดังนี้

- เพศหญิงอายุ 25-65 ปี
- มีภาวะกล้ามเนื้อปัสสาวะไม่อยู่นิ่งปัสสาวะเล็ด

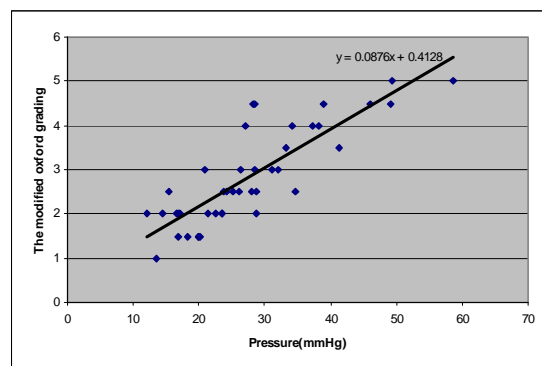
จำนวน 21 คน

- สามารถกลั้นปัสสาวะได้จำนวน 21 คน
- ผ่านการคัดกรองโดยการคัดกรองปกติอย่างน้อย 1 คน
- สามารถทำการเกร็งและคลายกล้ามเนื้อเชิงกรานได้อย่างถูกต้อง

โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกตรวจวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานด้วยวิธี digital test ตามระบบ modified Oxford grading (grad 0 = nil, 1 = flicker, 2 = weak, 3 = moderate, 4 = good, 5 = strong) และตรวจวัดความดันที่เกิดจากการเกร็งและคลายกล้ามเนื้อเชิงกรานด้วยเครื่องที่ออกแบบสร้าง ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ในผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่มีภาวะกล้ามเนื้อปัสสาวะไม่อยู่ได้ค่า Median ของ digital test = 4, Mean \pm SD ของ pressure = 35.63 ± 2.28 , Mean \pm SD ของ duration = 3.29 ± 0.65 และในผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีภาวะกล้ามเนื้อปัสสาวะไม่อยู่ได้ค่า Median ของ digital test = 2, Mean \pm SD ของ pressure = 19.64 ± 1.72 , Mean \pm SD ของ duration = 2.60 ± 0.49

นำค่าเฉลี่ยของระดับความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานและค่าเฉลี่ยความดันที่ได้มา pot graph แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 7 กำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้ Pearson's correlation coefficient ได้ค่า $r = 0.84$ (95% CI, p value 0.05)



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยของระดับความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานและค่าเฉลี่ยความดัน

ตารางที่ 1 แสดงระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเชิงกรานที่ตรวจด้วย digital test, ค่าความดันและเวลาจากการเกร็งกล้ามเนื้อตรวจวัดด้วยเครื่องที่ออกแบบสร้าง

Continence women	Digital test Mean	Pressure Mean	Duration Mean
1	4.5	28.34	2.28
2	3.5	33.17	1.36
3	2	28.68	1.78
4	3	31.19	2.51
5	3	28.45	2.85
6	2.5	34.69	4.18
7	2.5	27.97	1.88
8	2.5	28.83	1.32
9	3.5	41.34	3.25
10	5	49.41	3.75
11	5	58.51	4.91
12	4	34.29	1.93
13	4.5	28.57	3.04
14	4.5	38.99	3.7
15	4.5	45.97	3.96
16	3	26.42	1.93
17	4	38.12	5.2
18	4	26.95	4.24
19	4.5	49.06	4.75
20	4	37.33	5.65
21	3	32	4.57

Incontinence women	Digital test Mean	Pressure Mean	Duration Mean
1	1.5	19.86	2.26
2	1.5	18.25	1.68
3	2.5	15.47	1.9
4	2	12.19	2.75
5	2	16.7	1.69
6	1.5	16.91	1.7
7	2	23.55	2.49
8	1.5	19.88	1.36
9	1	13.6	4.87
10	2.5	25.23	1.91
11	1.5	20.05	4.28
12	2.5	24.23	3.85
13	2	14.58	3.21
14	2	22.47	1.72
15	2	21.32	2.48
16	2	17.1	1.36
17	2.5	23.78	1.79
18	2	16.93	2.82
19	2.5	26.04	3.57
20	3	20.99	3.16
21	2	23.38	3.1

4. สรุปผลการวิจัย

เครื่องที่ออกแบบสร้างนี้สามารถใช้วัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อเชิงกรานได้ โดยการวัดความดันจากการเกร็งและคลายกล้ามเนื้อเชิงกรานโดยมีค่าความแม่นยำที่ระดับความดัน 0-30 mmHg ประมาณ 98% และที่ระดับความดัน 30-100 mmHg ประมาณ 99% ซึ่งค่าความดันที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ($r = 0.84$) โปรแกรมที่

ออกแบบนี้สามารถแสดงผล, บันทึกข้อมูล, เรียกดูข้อมูลย้อนหลังและเปรียบเทียบข้อมูลได้

สำหรับแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์ต่อไปเป็นการเพิ่ม function ในการตรวจวัดโดยใช้EMG และเพิ่มเติมโปรแกรมในส่วนแบบฟอร์มการรายงานผล, การพิมพ์ผลและการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระบบเพื่อสะดวกในการเรียกใช้

ประกาศเกียรติคุณ

ผลงานวิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท-เอก ประจำปีการศึกษา 2551 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล และทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์บางส่วนจากสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารอ้างอิง

- [1]. Eric R. Sokol, MD. General Gynecology: The requisites in obstetrics and gynecology. USA: Mosby; 2007.
- [2]. Bo K. Pelvic floor muscle strength and response to pelvic muscle training for stress urinary incontinence. *Neurourol Urodyn.*2003; 22: pp.654–658.
- [3]. Laycock J, Schussler B, Laycock J, Norton P, Stanton SL, eds. Pelvic floor re-education. 2.2, Clinical evaluation of the pelvic floor. 1st ed. London: Springer-Verlag. 1994; pp. 42–8.
- [5]. Dougherty MC, Abrams R, McKey PL. An instrument to assess the dynamic characteristics of the circumvaginal musculature. *Nurs Res.* 1986; 35: pp.202–206.
- [6]. Sampsel CM, Miller JM, Mims BL, DeLancey JO, Ashton-Miller JA, Antonakos CL. Effect of pelvic muscle exercise on transient incontinence during pregnancy and after birth. *Obstet Gynecol.* 1998; 91: pp.406–412.
- [7]. Bo K, Kvarstein B, Hagen R, Larsen S. Pelvic floor exercise for the treatment of female stress urinary incontinence. I. Reliability of vaginal pressure measurements of pelvic floor muscle strength. *Neurourol Urodyn.* 1990; 9: pp.471–477.

