

Balancelle

PELVSENSE



Contents



01 밸런셀

밸런셀의 펠브센스

02 디자인

공간 친화적 디자인

03 기존 골반 측정의 한계

기존 골반저근 측정 방법과 단점

04 골반저근 분석 최적화 솔루션

정밀함과 정확성

객관적 데이터

지능형 데이터 해석

사용자 중심의 혁신

05 펠브센스의 차별성

06 논문 자료

Balancelle



일상 생활에 집중하기 어려운
건강상의 아픔과 고민 이해



반복적인 증상에 대한 원인을 찾고
쉽게 관리할 수 있는 방법 모색



간단하게 예방할 수 있는
의료 및 건강 데이터 제공

→ 밸런셀은 누구나 쉽게 접근할 수 있고 전문가에게 신뢰할 수 있는 의료 및 건강 데이터를 제공합니다.



밸런셀의 펠브센스*

펠브센스(Pelvsense)는 과거 골반저근 측정기기들의 단점을 보완하여 개발된 비삽입형 골반저근 측정기기입니다.



PELVSENSE

KNOW YOUR PELVIC FLOOR MUSCLE

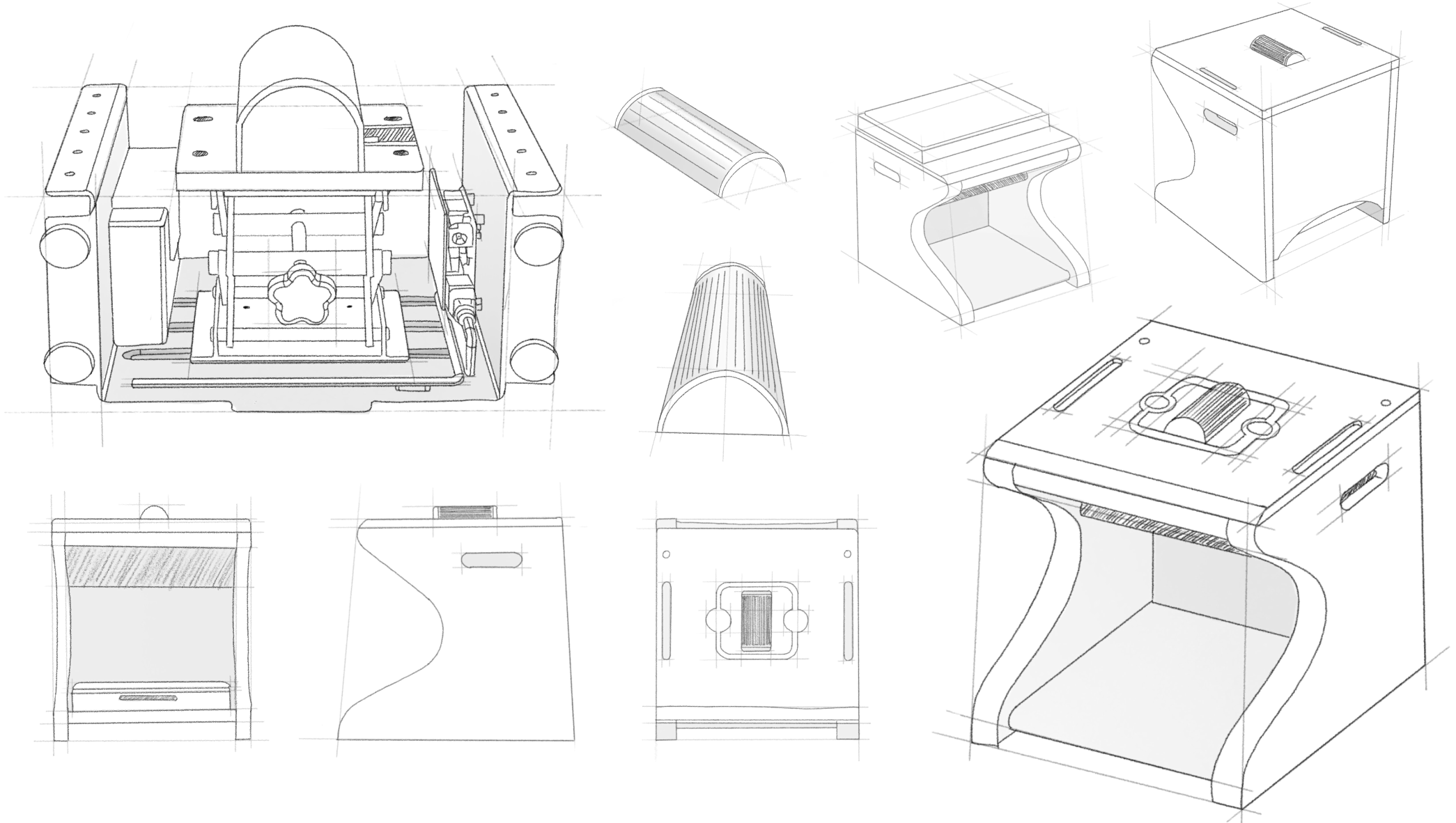
현재 골반저근 근력 측정 방법으로는 옷을 벗거나 장비를 체내에 삽입하는 등 불편하고 번거로움이 많으며 새로운 방법들이 계속해서 개발되고 있지만 아직까지 골반저근 근력의 정량화를 위한 절대적 표준 방법은 없습니다.

펠브센스는 번거로움 없이 표면형 압력 측정 기기로 의자에 앉은 자세에서 간편하게 골반저근 근력 측정이 가능하도록 고안된 기기입니다. 앉은 자세에서 각 셀이 압력을 측정하여 **골반저근의 전체 압력 분포**를 확인할 수 있으며 전체 압력 변화량뿐만 아니라 골반저근이 수축하는 동안 발생하는 **앞쪽, 뒤쪽, 왼쪽, 오른쪽의 압력 변화량 및 비대칭 정도**를 측정하여 구체적으로 확인할 수 있습니다.

골반저근 근력의 정량화를 위해서는 객관성과 보편성이 모두 필요하기 때문에 측정 시 불편함 없이 누구나 가능하고 측정자에 따른 결과값의 차이가 최소화될 수 있으며 **정밀한 측정을 위해 특정 근육 그룹을 구별하여 비대칭성을 식별할 수 있는 펠브센스를 권장합니다.**

공간 친화적 디자인*

인체공학적 요소와 어떤 공간에 놓더라도 어색하지 않을 **공간 친화적인** 요소를 담아 디자인 했으며 일상생활 가구로 활용할 수 있도록 원목으로 제작되었습니다.





Pelvsense는 센서를 포함한 **스툴** 형태의 기기와
센서 및 전자 장치에 전원을 공급하는 **보조배터리**,
센서를 보호를 위한 **커버**, 그리고 실시간으로
측정 정보를 확인할 수 있는 **태블릿**으로
구성되어 있습니다.

Price

5,500,000 원 (VAT 별도)

무료 체험 1주일 후 결정 가능 *제품 설치 일로부터 7일*

할부 및 무이자 할부 가능 개월 수의 경우 카드사별로 상이할 수 있습니다.

할부 서비스는 카드사 정책이므로 자세한 상담을 위해 카드사 확인 후 이용 부탁드립니다.

Components

제품명 골반저근 측정장치 **모델명** PELVSENSE (펠브센스)

제조사 주식회사 육공비 **소재** Solid Wood, ABS

크기 39cm x 45cm x 43cm **무게** 본체 18kg (덮개 포함)

연결 Bluetooth 본체 - 태블릿 | Wifi 태블릿 - Balancelle 서버

출력 5V, 2A **배터리** C-TYPE (20,000mAh) **사용** 1회 충전시 12시간

온도 5°C ~ 35°C **습도** 10% ~ 90% **조건** 바닥이 평평한 곳



기존 골반 측정의 한계*

초고령 사회에서 요실금과 같은 골반저근 질환으로 고통받는 수많은 환자들이 존재하지만 침습적인 측정 과정이라는 장벽 때문에 의료 서비스에 접근하기를 주저하거나 포기하게 됩니다.

결국 조기 진단 및 맞춤형 골반저근 운동 등 효과적인 비수술적 치료 기회를 놓치게 하여 증상을 만성화 시키고 환자의 삶의 질을 더욱 떨어뜨리며 궁극적으로는 장기적인 사회·경제적 비용 증가로 이어지는 악순환을 초래하는 심각한 사회적 문제입니다.



Pelvsense | 기본 골반 측정의 한계

기존 골반저근 측정 방법과 단점

	측정 방법	단점
	Internal Vaginal Digital Palpation 방법 가장 기본적인 측정 방법으로 검사자가 손가락을 질 내부에 삽입하여 골반저근을 수축하는 동안 근육을 촉진하여 평가	검사자가 주관적으로 평가하기 때문에 객관성이 떨어짐
	Dynamometry와 Perineometry 방법 질 내부에 기구를 삽입하여 골반저근을 수축하는 동안 나타나는 변화를 객관적인 방법으로 측정	기구를 질 내부에 삽입해야 하므로 측정 시 불편함이 있고 단일 센서로 구성되어 있어 근육의 부위별 비대칭을 식별할 수 없음
	EMG 방법 골반저근의 근력 측정을 위해 질 내부에 전극을 삽입하여 측정	측정 시 통증을 동반한 불편함이 있고 전기적 충격으로 인한 수축이 실제 일상생활의 근육 수축과 동일할지에 대한 논란
	초음파 영상 진단 방법 골반저근을 측정하는 동안 근육의 움직임을 나타내는 변화를 기준으로 골반저근 근력을 간접적으로 측정	초음파 측정 가장 큰 단점은 물을 500ml를 마시고 방광이 찰 때까지 기다려야 하며 비용이 비쌈

Pelvsense ✧

펠브센스는 혁신적인 측정 방식과 수집된 데이터 가공 프로세스 그리고 측정 부위의 상태를 확인할 수 있는 핵심 수치 산출하여 시각화하기까지 기존 헬스케어 영역에 단점과 문제점을 해결하기 위해 고안된 헬스케어 기기입니다.



Pelvsense | 시스템의 4가지 기능

문제 해결을 위한 Pelvsense의 4가지 기능

기존 골반저근 측정에서 가장 큰 문제로 지적되던 주관성과 일관성 부족을 벗어나

이제는 간편한 측정으로 시작하여 정밀하고 높은 정확도를 바탕으로 객관적인 데이터를 취합합니다.

골반저근의 상태를 명확하게 파악할 수 있는 핵심 지표를 제공하며 궁극적으로 개개인의 상황과 상태에 맞는 맞춤형 솔루션을 제공하는데 기여합니다.

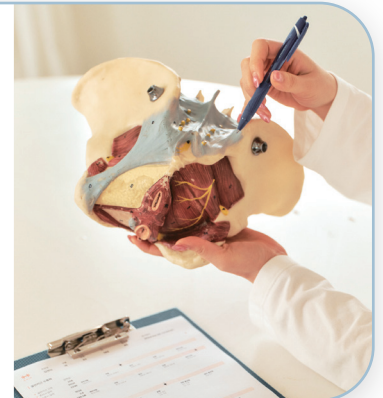
정밀함과 정확성

정밀하고 예민한 압력센서를 통해
데이터 수집 후 정확도 높은 분석 툴을
활용하여 핵심 지표 제공



객관적인 데이터

검사자의 컨디션에 따라 바뀌는
일관성이 부족한 결과를 탈피하고
객관적이고 신뢰도 높은 데이터 제공



지능형 데이터 해석

자동화된 프로세스와 머신러닝 알고리즘을
통해 복잡한 데이터를 정확하고 쉽게
분석할 수 있는 핵심 지표로 해석



사용자 중심의 혁신

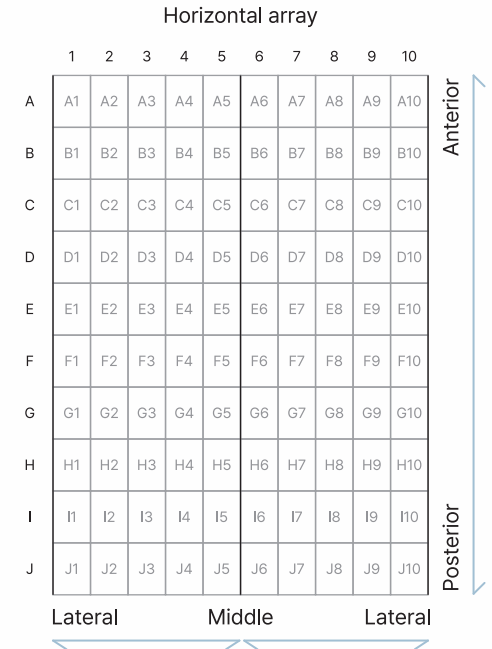
표준화되지 않은 측정의 불편함을
해결하고 편리한 측정과 맞춤 케어가
가능하도록 핵심 지표 제공



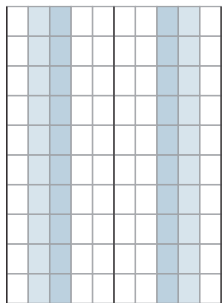
Pelvsense | 정밀함과 정확성

Pelvsense 핵심 기술 : 정밀함과 정확성

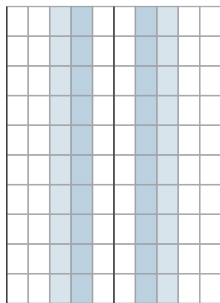
- 측정 시간 동안 회음부에 맞닿은 압력 센서로부터 골반저근 전면의 데이터를 실시간으로 수집하며 사용자의 움직임을 정확하게 포착하여 신뢰성 있는 기초 데이터를 확보
- 골반저근이 수축하며 발생하는 미세한 변화를 매 30ms마다 감지하여 총 압력, 전방 비율, 중앙, 측면, 전후방 벡터 등 총 7가지의 정밀한 측정 데이터를 취합해 데이터를 토대로 근육의 동적인 움직임을 세밀하게 분석
- 1차적으로 측정 데이터는 정교한 알고리즘을 통해 가공되어 골반저근의 상태를 정확하게 파악할 수 있는 핵심 지표로 산출



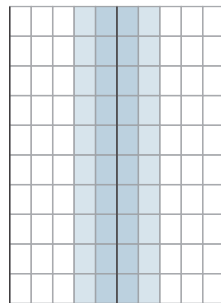
7가지 측정 변수



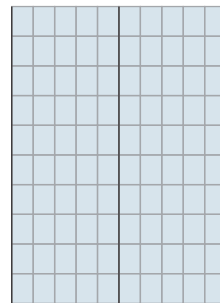
Lateral Vector



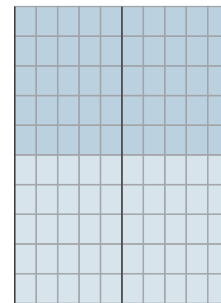
Middle Vector



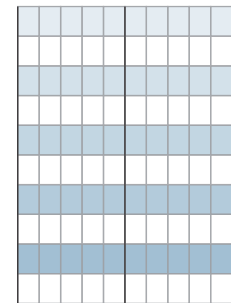
Center Vector



Total Pressure



Front ratio



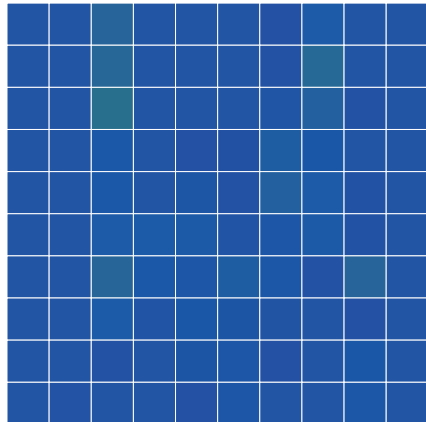
Back Vector | Front Vector

Pelvsense | 정밀함과 정확성

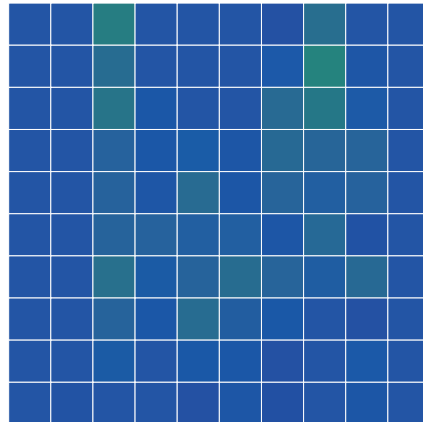
세계 최초 100개 다중 로드셀

- 세계 최초로 100개의 다중 로드셀로 구성된 기기로, 골반저근의 **부위별 정밀 측정과 좌우, 앞뒤 비대칭**을 감지 가능하도록 설계
- 각각의 로드셀에서 수집된 정보를 통해 골반저근의 수축 방향과 작용되는 힘을 계산하고 골반저근이 수축하는 동안 **근육의 움직임**을 면밀하게 관찰
- 3-100kPa 측정 범위를 가지고 있는 **고해상도 단방향 측정 센서**는 미세한 압력 변화까지도 정확하게 감지하고 오차, 노이즈 등을 차단하여 **높은 정확도를 바탕으로 골반저근 전체를 모니터링**

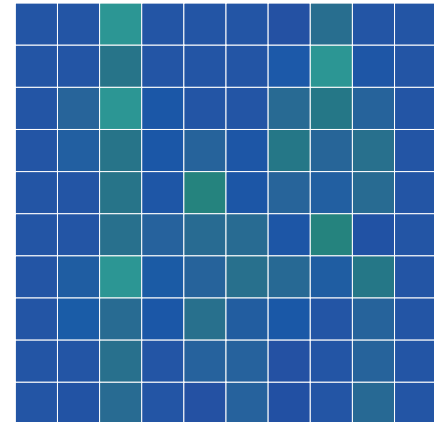
골반저근 측정 과정



골반저근 측정 전



골반저근 수축 시작



골반저근 최대 수축

Pelvsense | 객관적인 데이터

객관적인 데이터 : AI 분석

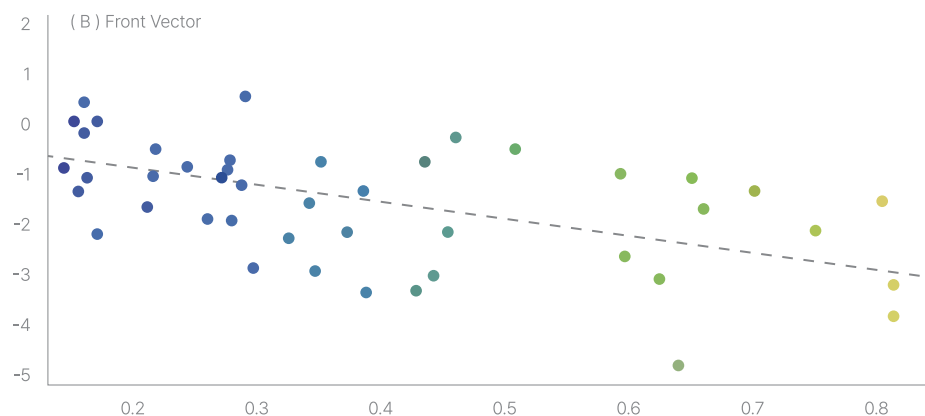
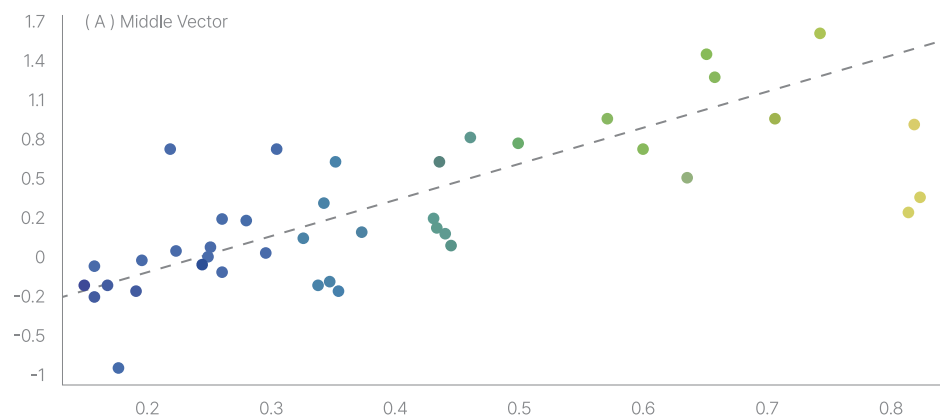
- AI 분석은 실제 삽입형 및 초음파 측정 결과값과 90% 이상의 높은 일치율을 보이며 잘못 수축된 값을 쉽게 식별하고 제거하여 정확한 측정값 제공
- 다양한 첨단 머신러닝 알고리즘 활용은 심층적이고 신뢰할 수 있는 분석 결과를 도출하는데 필수적이며 복잡하고 방대한 데이터를 효율적으로 분석하는데 용이
- 태블릿과 연결하여 골반저근의 움직임을 실시간으로 모니터링할 수 있으며 동시에 실시간 데이터를 수집 및 분석하여 즉각적인 결과 도출

실제 사용 사진



Pelvsense | 객관적인 데이터

신뢰도를 높이기 위한 자가 검증



검사자내 신뢰도 **0.881%**

높은 검사자내 신뢰도를 보여주며,
동일한 검사자가 반복적으로 측정해도
일관된 결과를 얻을 수 있음을 의미

검사자간 신뢰도 **0.967%**

높은 검사자간 신뢰도를 확보하여
서로 다른 검사자가 측정해도 일관된 결과를
얻을 수 있으며 측정 결과의 객관성을 높임

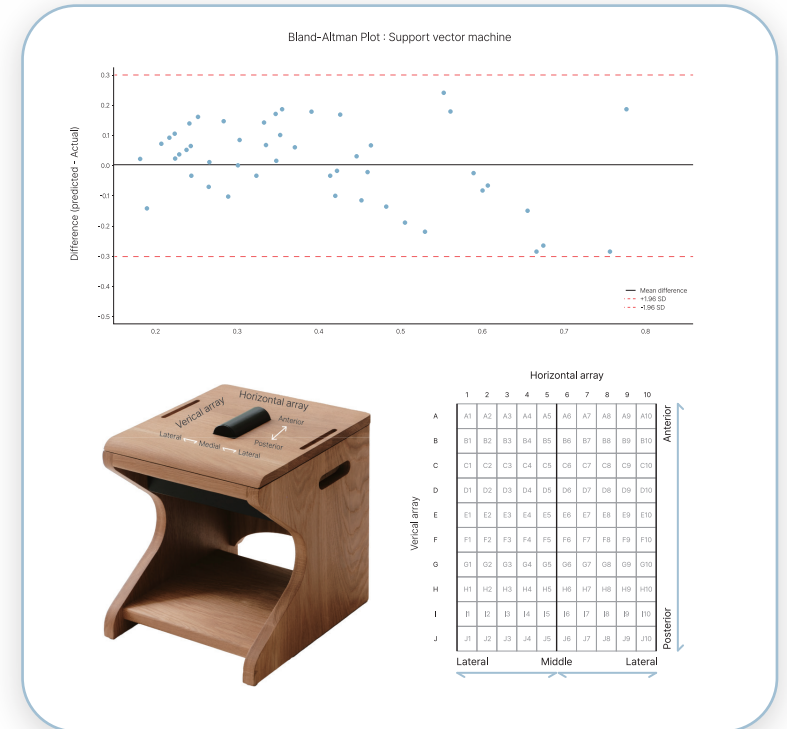
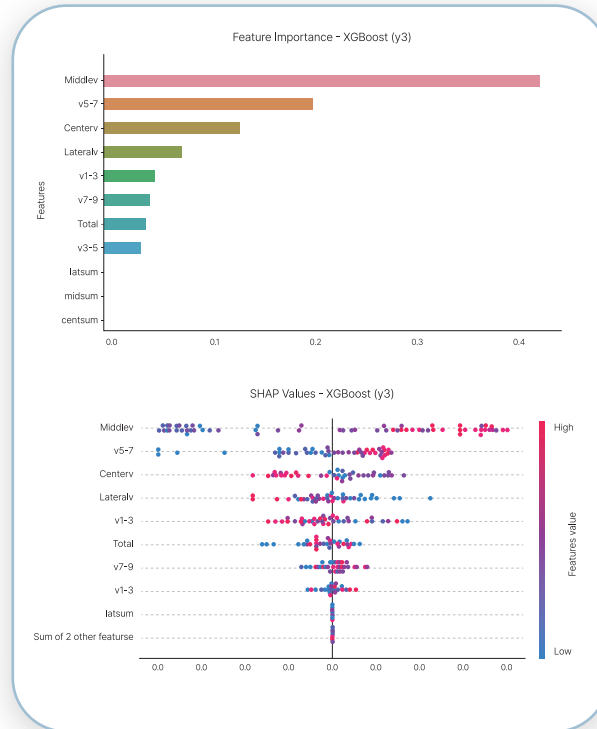
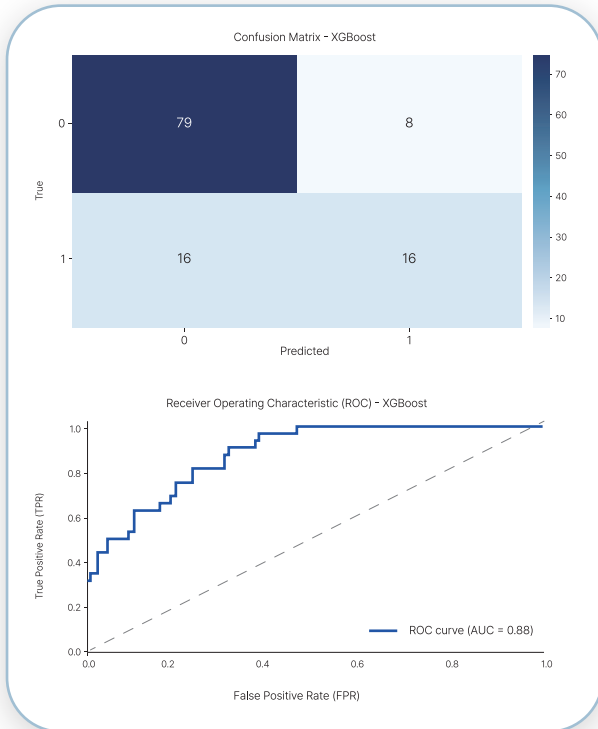
초음파 검사와 설명력 **0.537%**

초음파 검사와의 상관관계 분석 결과, 초음파 검사와
유사한 결과를 보이며 골반저근 기능 평가 도구로서의
유효성을 입증

Pelvsense | 지능형 데이터 해석

핵심 지표 산출 : 지능형 데이터 해석

- 100개의 로드셀에서 수집된 정보를 바탕으로 자체 개발한 AI 기반 분석 알고리즘이 골반저근 협응력 평가, 수축 유형과 같은 핵심 지표를 도출하고 시각화된 결과지로 제공해 복잡한 데이터를 직관적인 형태로 변환하여 사용자에게 명확한 인사이트 전달
- 30Hz의 샘플링 속도는 정밀한 압력 분포 패턴 분석이 가능하며 골반저근의 현재 상태를 정확히 파악할 수 있는 다양한 수치들을 제공해 사용자는 신뢰성 있고 심층적인 평가를 통해 피측정자의 상태를 정확하게 진단
- 일반인도 이해하기 쉬운 핵심 지표는 사용자의 분석 시간과 노력을 크게 절약하도록 돕고 피측정자 관리 측면의 효율성을 극대화하여 사용자와 피측정자 모두에게 더 나은 경험을 제공하며 효과적인 골반 케어 계획 수립

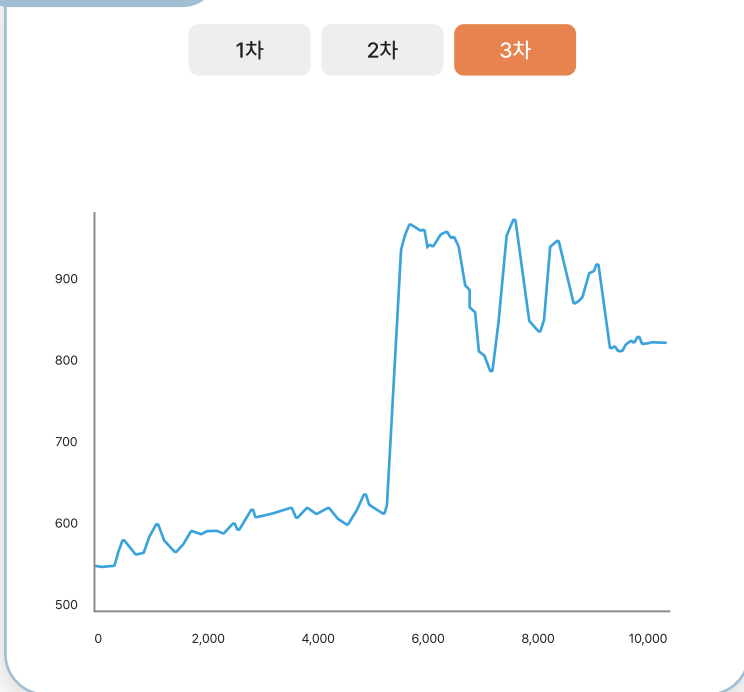


Pelvsense | 지능형 데이터 해석

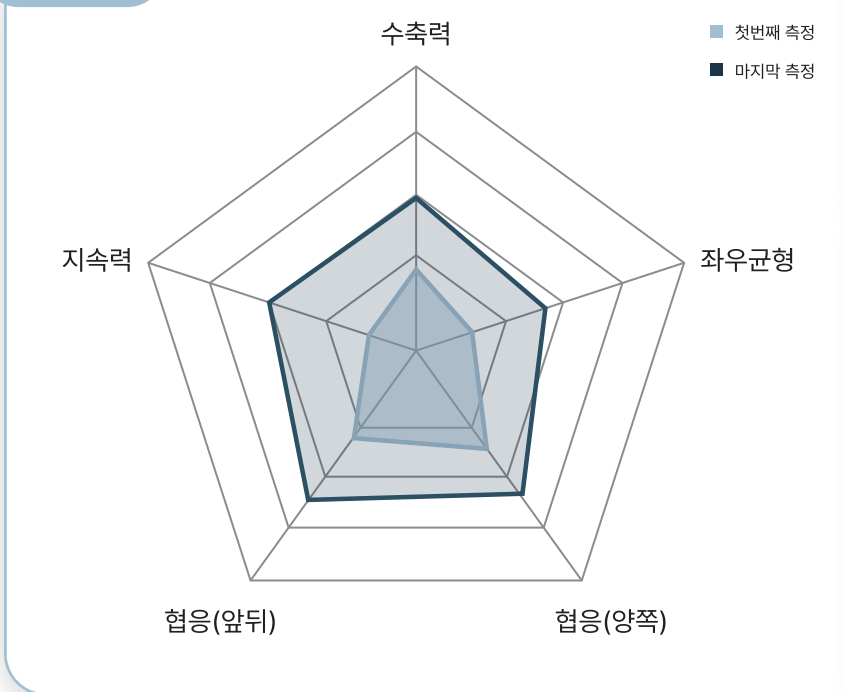
한눈에 파악 가능한 정밀한 해석

- 측정 시 실시간으로 얻게 되는 단순 압력 데이터를 가공하여 **근육의 움직임, 속도, 방향성** 등의 정보로 1차 해석 진행
- 1차적으로 해석된 수치들은 **수축력, 좌우 균형, 지속력, 협응력, 수축 패턴**과 같은 골반저근의 상태를 파악할 수 있는 핵심지표로 재가공되어 **포괄적인 시각**을 제공
- 누적된 데이터를 활용함으로써 **케어 세션 전후의 골반저근 상태 변화를 효과적으로 비교하며 개인 맞춤형 치료 계획 수립에 중요한 근거**를 제공
 - * 세션 경과와 결과를 객관적으로 평가하는데 필수적

수축 패턴 분석



종합 분석



종합 점수

84점

수축력	20
좌우균형	15
협응 (양쪽)	24
협응 (양쪽)	22
지속력	3

Pelvsense | 사용자 중심의 혁신

임상적 장점 : 사용자 중심의 혁신

- 측정 대상자의 편의성을 고려하여 비침습적 측정 방식을 통해 불편함과 거부감을 최소화해 빠르고 간편한 측정 과정을 제공하여 누구나 부담 없이 검사 가능
- 표준화된 프로토콜과 객관적인 데이터 분석은 측정 결과의 높은 신뢰도와 일관성 있는 결과를 도출하게 하여 골반저근의 미세한 상태 변화까지 파악
- 측정을 통해 얻게 되는 핵심 지표들은 전문가들이 치료, 예방, 운동 세션 등 개개인에게 최적화된 맞춤형 케어를 설계하는데 결정적인 도움



임상 진단

골반저근 기능 장애, 요실금 위험도 등을 평가하여 적절한 치료 방향을 설정하고 환자의 증상 개선에 기여합니다.



재활 치료

운동 효과를 객관적으로 모니터링하고 환자에게 맞춤형 운동 프로그램을 제공하여 치료 효과를 극대화합니다.



예방 의학

정기적인 골반저근 기능 평가를 통해 위험 요소를 발견하고 적절한 예방 조치를 취함으로써 환자의 건강에 도움을 줍니다.

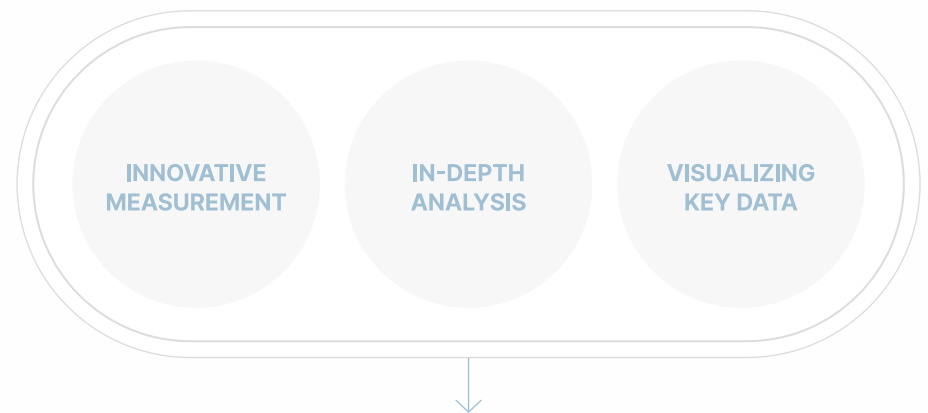


골반저근 분석 최적화 솔루션*

압력 센서 Array를 활용한 세계 최초의 비삽입형 골반 저근 측정기기
기술 특허와 측정 소프트웨어에 대한 기술 특허를 보유하고 있습니다.

골반저근 협응력 평가, 골반저근 수축 유형, 골반저근 수축도 평가 등
측정된 누적 데이터로 개선된 골반 상태를 확인하세요.

모든 측정값을 앱과 결과지로 간편하게 분석이 가능하며 골반 상태를
파악하기 위한 참고 자료를 통해 전문가와 깊이 있는 상담을 할 수 있
도록 돕습니다.



골반저근 측정에 새로운 패러다임



밸런셀 펠브센스를 선택해야 하는 4가지 이유

산부인과, 비뇨기과, 물리치료사 등 의료 전문가들과의 협력을 통해 지속적으로 AI 데이터 분석을 하고 있으며 전문성과 신뢰도를 높이고 있습니다.



과학적이고 객관적인 고객 상태 진단 및 맞춤형 프로그램 제공

고객의 전문성 요구는 지속적으로 높아지고 있습니다.

밸런스 펠브센스로 과학적 근거를 제시하고 정확한 현재 상태 파악, 개별 최적화된 운동 설계로 전문성 및 신뢰도를 향상시킬 수 있습니다.

고객의 골반저근의 구체적인 운동 목표 설계를 통해 운동 효과를 극대화 할 수 있습니다.



차별화된 서비스 제공으로 매장 경쟁력 확보

독점적인 골반저근 측정 서비스를 제공함으로써 다른 매장과 차별화하고 골반저근 건강 문제에 특화된 전문 매장으로 포지셔닝을 할 수 있습니다.

고객은 자신의 건강에 대한 깊이 있는 관심과 전문적인 관리를 받는다는 느낌을 받으며 매장에 대한 만족도가 높아집니다.

이는 장기적인 고객 관계를 형성하고 재등록률을 높이는데 기여합니다.



눈에 보이는 운동 효과 제시 및 고객 동기 부여 강화

시각화된 변화를 확인하고 고객의 골반저근 건강이 수치로 개선되는 것을 직접 확인하며 운동에 대한 만족도와 성취감을 제공합니다.

나아가 고객의 골반저근 개선 목표를 설정하여 운동에 동기 부여를 제공할 수 있습니다.



잠재 고객층 확대 및 새로운 수익 모델 창출

지속적인 골반저근 건강에 대한 인식이 높아지면서 요실금, 출산 후 관리, 만성 허리 통증, 자세 불균형 등으로 고민하는 다양한 연령대의

고객들에게 강력하게 어필할 수 있으며 추가 서비스 제공으로 새로운 수익 모델을 이끌어낼 수 있습니다.

논문 자료 ✧

Novel approach for non-invasive pelvic floor muscle strength measurement using extracorporeal surface perineal pressure measurement and machine learning modeling

Abstract

Objective: Accurate measurement of pelvic floor muscle (PFM) strength is crucial for the management of pelvic floor disorders. However, the current methods are invasive, uncomfortable, and lack standardization. This study aimed to introduce a novel non-invasive approach for precise PFM strength quantification by leveraging extracorporeal surface perineal pressure (ESPP) measurements and machine learning algorithms.

Methods: Twenty-one healthy women participated in this study. ESPP measurements were obtained using a 10×10 pressure array sensor during maximal voluntary PFM contractions in a seated position. Simultaneously, transabdominal ultrasound was used to measure bladder base displacement (mm) as a reference for PFM contraction strength. Seven ESPP variables were calculated based on ESPP data and intra- and inter-rater reliabilities were assessed. Machine learning algorithms predicted bladder base displacement from ESPP variables.

Results: The ESPP measurements demonstrated good to excellent intra-rater (ICC=0.881) and inter-rater (ICC=0.967) reliability. Significant correlations were observed between bladder base displacement and middle ($r=0.619$, $p<0.001$) and front ($r=-0.379$, $p=0.002$) vectors. The top-performing models for predicting bladder base displacement were the support vector machine [root mean square error (RMSE)=0.139, $R^2=0.542$], random forest (RMSE=0.123, $R^2=0.367$), and AdaBoost (RMSE=0.123, $R^2=0.320$) on the training set, and AdaBoost (RMSE=0.173, $R^2=0.537$), random forest (RMSE=0.177, $R^2=0.512$), and support vector machine (RMSE=0.178, $R^2=0.508$) on the test set.

In predicting bladder base displacement, Bland-Altman analysis revealed these models had minimal systematic bias, with mean differences ranging from -0.007 to 0.066, and clinically acceptable limits of agreement.

Conclusion: This study demonstrates the potential of ESPP measurements and machine learning algorithms as a reliable and valid non-invasive approach for assessing PFM strength by quantifying the directionality of contractions, overcoming the limitations of traditional techniques. **Keywords:** exercise, machine learning, musculoskeletal, rehabilitation, womens health.

3. Results

3.1. Intra- and inter-rater reliability

Table 3 shows the between-session intra-rater reliability using three repetitions of each maximum voluntary contraction by ESPP for examiner 1. For examiners 1, ESPP had ICC (3,3) values of 0.881. The within-session inter-rater reliability for ESPP was ICC (2, 3)=0.967 for ESPP.

3.2. Relationships between ESPP and bladder base displacement

The correlation coefficients between ESPP and bladder base displacement is presented in Table 4. Significant correlations between the bladder base displacement measured by sonography and middle ($r=0.619$, $p<0.001$) and front vector ($r=-0.379$, $p=0.002$) in the measurements of ESPP (Figure 4). Significant correlations were not confirmed between bladder base displacement and total pressure, front ratio, center, lateral and back vector.

3.3. Predictive Models of Machine Learning

The performance of the six machine learning models for predicting bladder base displacement during model training and testing is presented in Table 5.

The six machine learning models were ranked for their performance (based on RMSE) in predicting bladder base displacement using the training dataset as follows: support vector machine (RMSE, 0.139; R^2 , 0.542), random forest (RMSE, 0.123; R^2 , 0.367), AdaBoost (RMSE, 0.123; R^2 , 0.320), decision tree (RMSE, 0.181; R^2 , 0.222), linear regression (RMSE, 0.163; R^2 , 0.119), and extreme gradient boosting (RMSE, 0.172; R^2 , 0.096) (Table 5 and Figure 1). The six machine learning models were ranked for their performance (based on RMSE) in predicting bladder base displacement using the test dataset as follows: AdaBoost (RMSE, 0.173; R^2 , 0.537), random forest (RMSE, 0.177; R^2 , 0.512), support vector machine (RMSE, 0.178; R^2 , 0.508), decision tree (RMSE, 0.206; R^2 , 0.340), linear regression (RMSE, 0.216; R^2 , 0.278), and extreme gradient boosting (RMSE, 0.220; R^2 , 0.250) (Table 5 and Figure 1).

Bland-Altman analysis revealed consistent agreement patterns across different models (Figure 5). All models showed minimal systematic bias, with mean differences close to zero: SVM (mean difference: 0.001; 95% limits of agreement: -0.290 to 0.293), Random Forest (mean difference: -0.007; limits: -0.323 to 0.309), Linear Regression (mean difference: -0.002; limits: -0.373 to 0.368), AdaBoost (mean difference: -0.036; limits: -0.360 to 0.287), Gradient Boosting (mean difference: 0.066; limits: -0.305 to 0.436), and Decision Tree (mean difference: 0.001; limits: -0.368 to 0.369). The narrow limits of agreement and minimal systematic bias across all models suggest reliable prediction patterns suitable for clinical applications.

For feature permutation importance, the most important predictors of bladder base displacement in the support vector machine model in the order of high impact based on RMSE were as follows (Figure 6): middle, back, and front vector. The most important predictors of bladder base displacement in the random forest model in the order of high impact based

4. Discussion

The present study introduces a novel approach for non-invasive measurement of PFM strength using ESPP measurement and machine learning algorithms. The significance of this study lies in its ability to evaluate PFM strength without the need for invasive vaginal probes, instead relying on ESPP measurements. This non-invasive method not only reduces patient discomfort but also has the potential to encourage more women to seek measurement and treatment for pelvic floor disorders. Previous studies have highlighted the importance of proper PFM contraction technique in the treatment and prevention of pelvic floor dysfunction. Bo et al. (2017) emphasized the role of verbal instructions and imagery in promoting effective PFM contractions, describing the action as a "lifting and squeezing" motion.²³ Our findings support this concept, demonstrating that the directionality of PFM contractions, as measured by ESPP vectors, is a significant factor in assessing PFM strength. The strong correlations between the middle and front vectors and bladder base displacement suggest that the inward and upward movement of the perineum during PFM contraction is a key indicator of muscle strength. The Bland-Altman analysis provided additional insights into model performance beyond traditional metrics. While RMSE and R2 values suggested varying levels of performance between models, the Bland-Altman plots revealed remarkably consistent prediction patterns across all models. All models demonstrated minimal systematic bias, with mean differences very close to zero (ranging from -0.036 to 0.066), and showed clinically acceptable limits of agreement. This consistency in prediction patterns is particularly noteworthy given that it was achieved using a non-invasive measurement technique. The narrow limits of agreement (typically within ± 0.3 to 0.4 units) suggest that all models maintain stable prediction accuracy across the range of measurements, indicating reliable clinical applicability. These findings highlight that while traditional performance metrics showed differences between models, all models achieved clinically acceptable levels of agreement between predicted and actual values, supporting the robustness of our machine learning approach. Feature importance and Shapley Additive Explanation analyses revealed that the middle vector, front ratio, and back vector were consistently identified as the most influential predictors of bladder base displacement across the top-performing machine learning models. These findings suggest that the pressure distribution in the central and posterior perineal regions, as well as the proportion of pressure in the anterior region, are key determinants of PFM strength. This information can guide the development of targeted interventions and biofeedback protocols that focus on optimizing the activation patterns in these specific areas. While the predictive performance of our models might appear modest in terms of traditional statistical metrics, their clinical utility should be evaluated in the context of current clinical practice and patient needs. Our machine learning models showed consistent performance with R2 values ranging from approximately 0.51 to 0.54 in the test set, which is noteworthy for several reasons. First, these results were achieved using completely non-invasive measurements, offering a significant advantage over current invasive methods in terms of patient comfort and accessibility. Second, the level of accuracy achieved is comparable to correlations reported between other non-invasive methods and traditional invasive measurements that reported correlations ranging from 0.45 to 0.66 between transabdominal ultrasound and perineometry ³. Furthermore, Bland-Altman analysis revealed that all models demonstrated remarkably consistent prediction patterns with minimal systematic bias (mean differences ranging from -0.036 to 0.066) and clinically acceptable narrow limits of agreement (typically within ± 0.3 to 0.4 units), suggesting their potential utility for initial screening and progress monitoring. The non-invasive nature of our method could significantly improve patient compliance with regular assessment, potentially leading to better monitoring of treatment progress and outcomes. While there is certainly room for improvement in model accuracy, the current performance level, combined with the method's non-invasive nature, suggests that this approach could serve as a valuable screening and monitoring tool in clinical practice.

5. Conclusion

The present study demonstrates the potential of ESPP measurement and machine learning algorithms as a non-invasive, reliable, and valid approach to assessing PFM strength. The high reliability coefficients (ICC>0.88) indicate excellent measurement consistency. The machine learning models demonstrated robust performance, with the support vector machine and AdaBoost models achieving R2 values of 0.54 and 0.54 in the training and test sets, respectively. Notably, Bland-Altman analysis revealed remarkably consistent prediction patterns across all models, with minimal systematic bias (mean differences ranging from -0.036 to 0.066) and clinically acceptable limits of agreement. This consistent performance, particularly in the context of a non-invasive measurement technique, suggests that our approach could serve as a reliable alternative to traditional invasive methods. While the overall predictive accuracy was moderate, the combination of reliable non-invasive measurements and consistent prediction patterns with minimal bias suggests this approach could serve as a valuable clinical tool. The non-invasive nature of this approach has the potential to improve patient comfort and adherence to PFM strength measurement and treatment, ultimately leading to better outcomes for women with pelvic floor disorders. Further research is needed to refine the ESPP measurement protocol, optimize the machine learning models, and explore the clinical applications of this innovative measurement method in diverse populations.

Acknowledgments We would like to thank all participants in our study for their active participation and cooperation.

Ethical Approval The present study conformed to the ethical guidelines of the 1975 Declarations of Helsinki. The study protocol was approved by the Yonsei University Mirae Campus Institutional Review Board (approval no. 1041849-202204-BM-070-03). Before participating in the study, we explained all experimental procedures to the subjects, and they provided written informed consent.

Declaration of conflict of interests The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Funding This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2021R1I1A1A01048463).

Guarantor Ui-jae Hwang **Contributorship** UJH contributed to conceptualization, methodology, writing - original draft and visualization. MJJ and UJH contributed to supervision and project administration. SHA, HJL and URJ contributed to data curation, validation and software. SHA and HJL contributed to data curation and formal analysis.

Contact ✱

Phone 02-6925-1358 **Email** support@60b.kr

Address 서울시 영등포구 영신로 166, 반도아이비밸리 2층 202호

