

# 2024 의료 인공지능 아이디어 경진대회

(T2-39) No Pain No Gain (NPNG)

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

주최  보건복지부

주관 **KHIDI** 한국보건산업진흥원

후원  대한의료인공지능학회  
Korean Society of Artificial Intelligence in Medicine

 대한의료정보학회  
The Korean Society of Medical Informatics

## 트랙 2

- I. 아이디어 발굴 배경
- II. 아이디어 구체화 계획
- III. 데이터 활용
- IV. 모델 개발 및 시뮬레이션 결과
- V. 타 아이디어와의 차별점
- VI. 팀 활동 결과

## I. 아이디어 발굴 배경: 발견한 의료 현장의 문제

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

1

직접적  
통증 파악의  
어려움



2

소통이 어려운  
환자의  
통증 표현 문제



3

통증 정도  
표현에 대한  
이해 상이



4

동일한  
기준의  
부재



## I. 아이디어 발굴 배경: 의료 현장 문제 분석 결과

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

환자가 적극적으로  
의료인에게 표현을 하기 전까지,  
직접적으로 환자의 통증 정도를 파악하기가  
사실상 불가능하다.

심박수, 산소 포화도 등의 다양한 지표를 이용하여 환자의 통증 상태와 전반적 상태를 지속해서 모니터링하지만,  
환자가 적극적으로 의료인에게 표현하기 전까지 직접 환자의 통증 정도를 가늠하기가 쉽지 않다.  
또한, 여러 환자를 관리할 때에 우선 순위를 정해야 할 때 통증에 따른 차이를 주기 힘들다.

## I. 아이디어 발굴 배경: 발견한 의료 현장의 문제

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

1

직접적  
통증 파악의  
어려움



2

소통이 어려운  
환자의  
통증 표현 문제



3

통증 정도  
표현에 대한  
이해 상이



4

동일한  
기준의  
부재





## I. 아이디어 발굴 배경: 의료 현장 문제 분석 결과

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

아동, 지적장애인, 중환자, 수술 중인 환자 등  
소통이 어려운 환자의 경우,  
환자가 느끼는 고통을  
의료인이 정확하게 알 수 없다.

환자와 의료인 간의 의사소통은 치료의 방향을 결정하는 데에 매우 중요하다.  
통증으로 병원을 찾은 환자에게 통증의 발현 상황이나 중증도 등에 대해 물을 때에  
소통이 어려운 경우에 (매우 어린 아이거나 비협조적인 환자의 경우 등)  
Visual Analogue Scale 등을 이용하거나  
보호자에게 물어보는 등의 방식을 통해 pain assessment를 한다.  
하지만 이런 방식들은 환자가 느끼는 고통의 정도나 상황과 차이가 있을 수 있다.

## I. 아이디어 발굴 배경: 발견한 의료 현장의 문제

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

1

직접적  
통증 파악의  
어려움



2

소통이 어려운  
환자의  
통증 표현 문제



3

통증 정도  
표현에 대한  
이해 상이



4

동일한  
기준의  
부재



## I. 아이디어 발굴 배경: 의료 현장 문제 분석 결과

의료인끼리  
그리고  
의료인과 환자 간의  
통증 정도 표현에 대한 이해가 다르다.

이해한 바가 다르면,  
사용되는 진통제의 양이나 치료의 방식에 영향이 갈 수 있다.  
이 때문에 통증에 대한 절대적 수치를 연구하기 위해 많은 노력들이 있고, 이  
중에 인공지능을 이용한 미세 표정 연구도 계속되고 있다.



## I. 아이디어 발굴 배경: 발견한 의료 현장의 문제

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

1

직접적  
통증 파악의  
어려움



2

소통이 어려운  
환자의  
통증 표현 문제



3

통증 정도  
표현에 대한  
이해 상이



4

동일한  
기준의  
부재



## I. 아이디어 발굴 배경: 의료 현장 문제 분석 결과

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

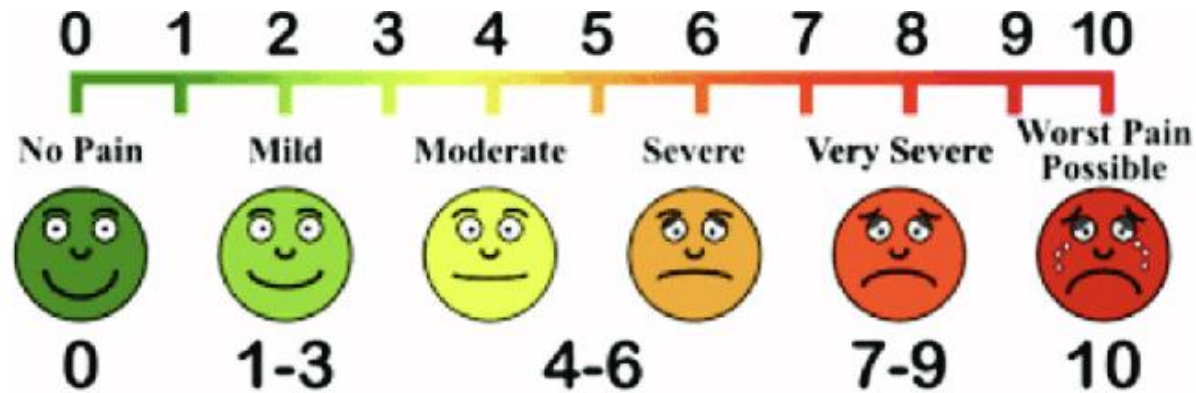
환자의 통증 정도를  
과거와 비슷한 기준으로  
판단할 수 없게 되는 경우가 있다.

장기 치료 중인 환자에 대해서,  
의료진이 바뀌는 등 환자의 통증 정도를 과거와 비슷한 잣대로 판단할 수 없게 되는 경우가 있다.  
환자가 통증 정도를 기억하지 못하는 경우도 있다.  
이런 경우에는 환자의 치료에 혼란이 생길 수 있다.

## II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

## Visual Analogue Scale



VAS는 길이가 정해진 선 위에 통증의 정도를 환자가 스스로 표시하도록 하는 방법이다.

시작 부분은 '통증이 전혀 없는 상태'이고

100 mm 끝 부분은 '상상할 수 있는 가장 심한 통증'으로 가정하여

현재 통증이 얼마나 심한지 선 위에 표시하도록 하여 통증의 정도를 측정한다.

VAS를 수행하기 위해서는 훈련을 할 필요가 없고 간편하게 할 수 있는 장점이 있지만,

인지기능이 떨어지는 환자에서는 검사의 신뢰도가 떨어질 수 있다.

II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

AU number ↕	FACS name ↕	Muscular basis ↕
0	Neutral face	
1	Inner brow raiser	<i>frontalis (pars medialis)</i>
2	Outer brow raiser	<i>frontalis (pars lateralis)</i>
4	Brow lowerer	<i>depressor glabellae, depressor supercilii, corrugator supercilii</i>
5	Upper lid raiser	<i>levator palpebrae superioris, superior tarsal muscle</i>
6	Cheek raiser	<i>orbicularis oculi (pars orbitalis)</i>
7	Lid tightener	<i>orbicularis oculi (pars palpebralis)</i>
8	Lips toward each other	<i>orbicularis oris</i>
9	Nose wrinkler	<i>levator labii superioris alaeque nasi</i>
10	Upper lip raiser	<i>levator labii superioris, caput infraorbitalis</i>
11	Nasolabial deepener	<i>zygomaticus minor</i>
12	Lip corner puller	<i>zygomaticus major</i>
13	Sharp lip puller	<i>levator anguli oris</i> (also known as <i>caninus</i> )
14	Dimpler	<i>buccinator</i>
15	Lip corner depressor	<i>depressor anguli oris</i> (also known as <i>triangularis</i> )
16	Lower lip depressor	<i>depressor labii inferioris</i>
17	Chin raiser	<i>mentalis</i>
18	Lip pucker	<i>incisivii labii superioris</i> and <i>incisivii labii inferioris</i>
19	Tongue show	
20	Lip stretcher	<i>risorius</i> with <i>platysma</i>
21	Neck tightener	<i>platysma</i> ]
22	Lip funneler	<i>orbicularis oris</i>
23	Lip tightener	<i>orbicularis oris</i>
24	Lip pressor	<i>orbicularis oris</i>
25	Lips part	<i>depressor labii inferioris</i> , or relaxation of <i>mentalis</i> or <i>orbicularis oris</i>
26	Jaw drop	<i>masseter</i> ; relaxed <i>temporalis</i> and <i>internal pterygoid</i>
27	Mouth stretch	<i>pterygoids, digastric</i>
28	Lip suck	<i>orbicularis oris</i>
43	Eyes closed	relaxation of <i>levator palpebrae superioris</i>

The Facial Action Coding System (FACS)

is a system to taxonomize human facial movements by their appearance on the face, based on a system originally developed by a Swedish anatomist named Carl-Herman Hjortsjö. It was later adopted by Paul Ekman and Wallace V. Friesen, and published in 1978. Ekman, Friesen, and Joseph C. Hager published a significant update to FACS in 2002. Movements of individual facial muscles are encoded by the FACS from slight different instant changes in facial appearance.

## II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

AU 4



Brow  
Lowerer

\*AU 43



Eyes  
Closed

AU 6



Cheek  
Raiser

AU 7



Lid  
Tightener

AU 9



Nose  
Wrinkler

AU 10



Upper Lip  
Raiser



## Ⅱ. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”Prkachin and Solomon FACS pain intensity (PSPI) scale

Pain expression is widely characterized by the activation of a small set of facial muscles and coded by a set of corresponding actions units (AUs): brow lowering (AU 4), orbital tightening (AU 6 and AU 7), levator labii raise (AU 9 and AU 10) and eye closure (AU 43). With the exception of AU 43, which is binary, each of these actions is measured on a six-point ordinal scale (0 = absent, 5 = maximum). Using FACS in a recent study, Prkachin and Solomon confirmed that pain information is effectively contained in these AUs and defined pain intensity as the sum of their intensities. The Prkachin and Solomon FACS pain intensity (PSPI) scale is defined as:

$$\text{Pain} = \text{AU4} + (\text{AU6} \parallel \text{AU7}) + (\text{AU9} \parallel \text{AU10}) + \text{AU43}$$



## II. 아이디어 구체화 계획: 가설

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

Eye Closure

Upper Lip Lift or Nose Wrinkle

Eyelid Tightening or Cheek Elevation

Lowered Eyebrows

통증에 의한 표정변화 시 항상 나타나는 4가지 변화

4가지 얼굴 움직임으로 도출한 PSPI scale을 모델 개발시 이용

=> 표정 변화를 기반으로,  
'개인 맞춤형 실시간 통증 모니터링 기술'을 개발

## II. 아이디어 구체화 계획: 가설

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

같은 자극에도 사람마다  
통증에 대한 민감도가 다름

- 1) PSPI 값과 그 값이 산출된 상황에서의 VAS 값을 구함
- 2) VAS scale상에서 한 단계 차이값 해당하는 평균적 PSPI 차이값을 구함
- 3) 이 차이값을 이용하여 환자의 민감도를 구분 (민감/ 중간/ 둔감)

=> 표정 변화를 기반으로,  
'개인 맞춤형 실시간 통증 모니터링 기술'을 개발

## II. 아이디어 구체화 계획: 가설

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

Pain Level이 Threshold를 넘을 때  
의료진에게 긴급알람과 시점 기록이  
최종 목표

환자의 통증을 수치화하여 객관화  
진통제 양 조절  
현재 사용 중인 약제의 효과 판단  
장기 내원 환자의 통증 변화 정도 파악

=> 표정 변화를 기반으로,  
'개인 맞춤형 실시간 통증 모니터링 기술'을 개발

## II. 아이디어 구체화 계획

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

병동에 카메라 설치하여  
지속적인 환자 표정 분석

통증 정도를 파악 & vital 확인하여 환자 상태 파악  
환자 케어 우선순위를 정할 때 통증도 기준에 넣어 우선순위 결정 가능

진통제 자동 주입에 이용

의료진 부재 시, 일정 수준의 통증 이상일 경우 진통제 자동 주입

과도한 진통제 주입 방지

참 아픔과 거짓 아픔을 구분하여 더 정확한 진통제 처방에 의료진 보조

## II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

표정으로 통증의 존재와 강도 파악

언어보다 표정으로 통증 정도를 파악하기 좋은 경우가 있음

(ex. 치매환자)

데이터 처리 과정을 거쳐

의료진과 환자 간 이해도 차이를 줄이고 소통에 이용

## II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

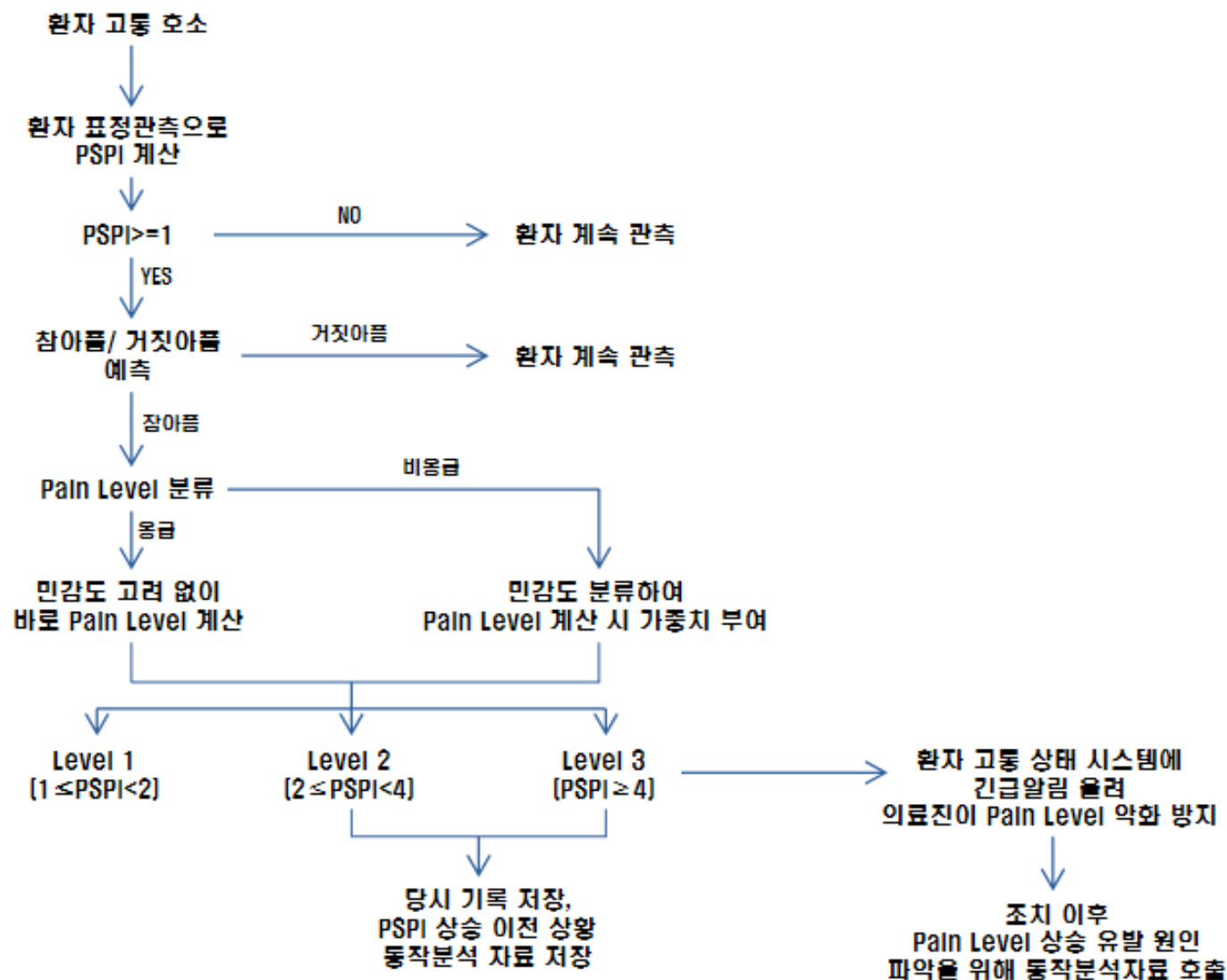
환자 표정 분석값을 저장해  
다음 치료에 활용

과거와 표정 대조하여 질병 진행 상황을 객관적으로 파악



## II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”



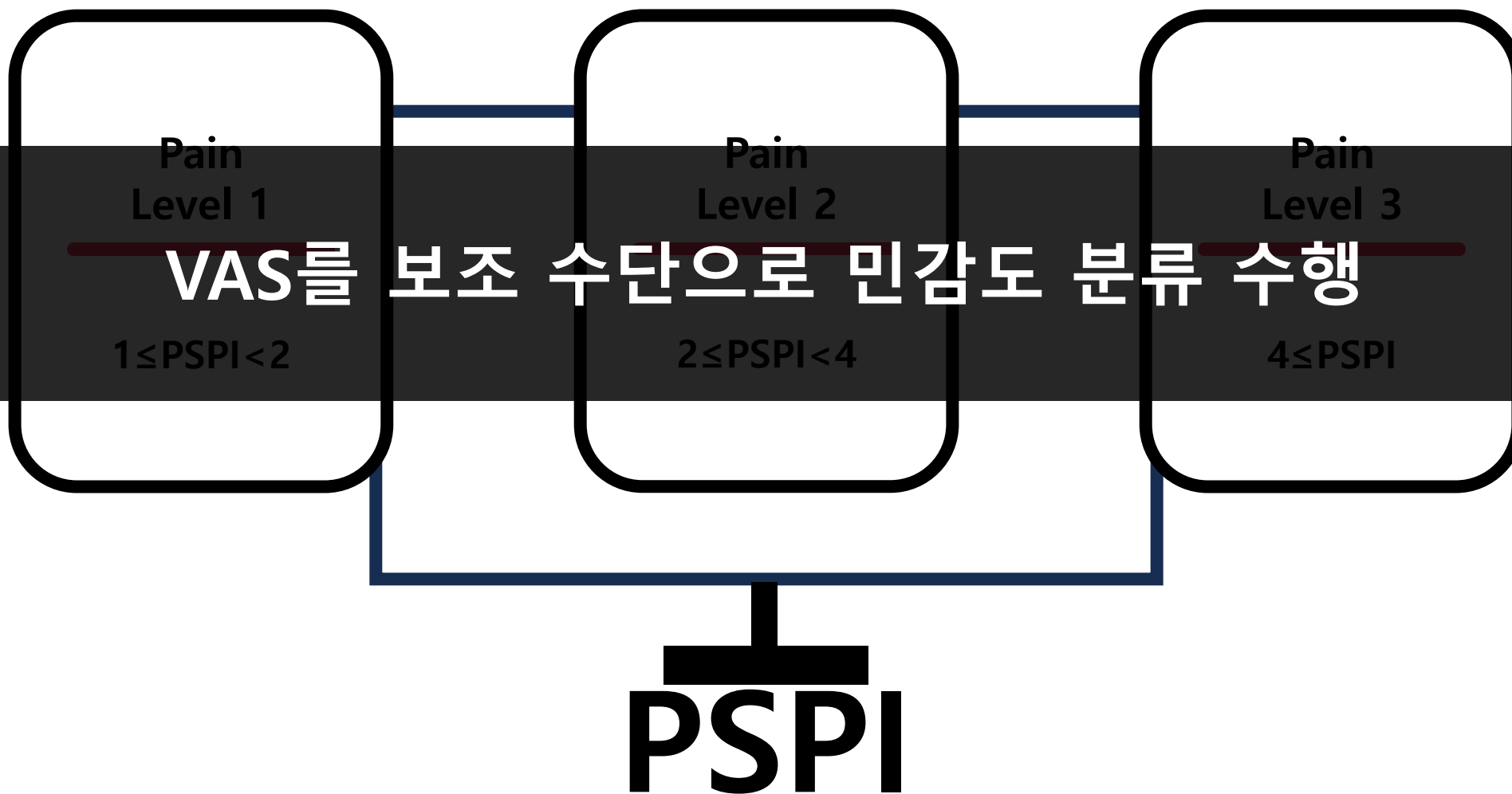
## II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”



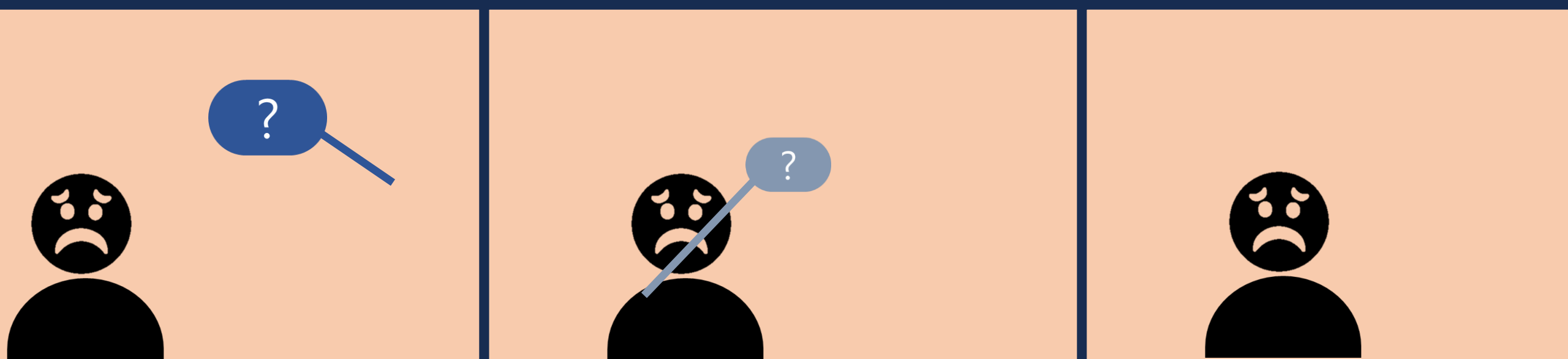
## II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”



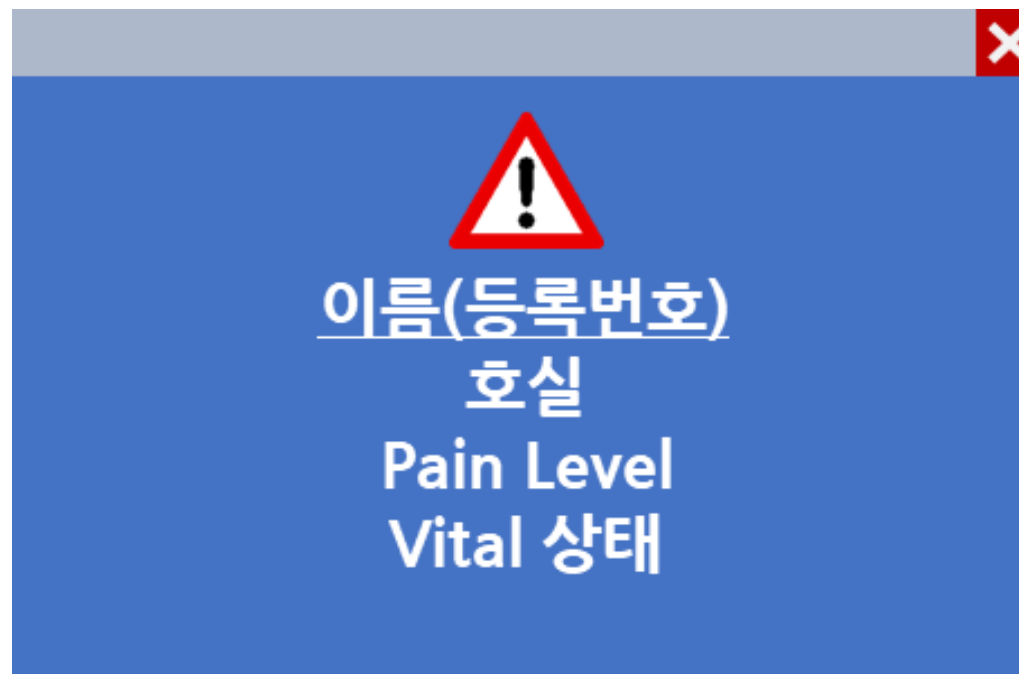
## II. 아이디어 구체화 계획

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”



## II. 아이디어 구체화 계획

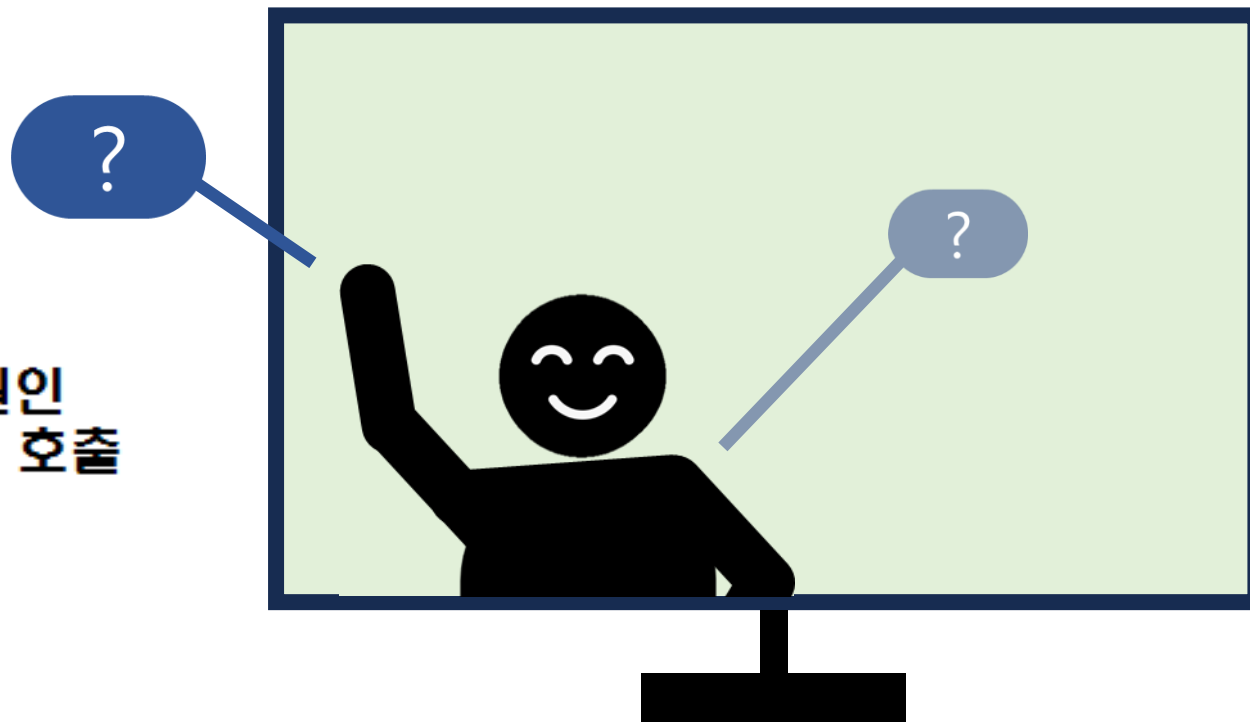
"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"



## II. 아이디어 구체화 계획

"AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션"

조치 이후  
Pain Level 상승 유발 원인  
파악을 위해 동작분석자료 호출





## UNBC-McMaster Shoulder Pain Expression Archive Database

- 25명의 성인 참가자 (남성 12명, 여성 13명)
- Video sequence에서 얻은 총 16,840개의 정적 프레임별 이미지와 해당 Pain (1)/No Pain (0) 레이블
- 모든 참가자는 어깨 통증을 앓고 있었다
- 각 팔의 외전, 굴곡, 내외회전 등 8가지 표준 운동 범위 테스트를 개별적으로 수행하면서 촬영되었다

## IV. 모델 개발 및 시뮬레이션 결과

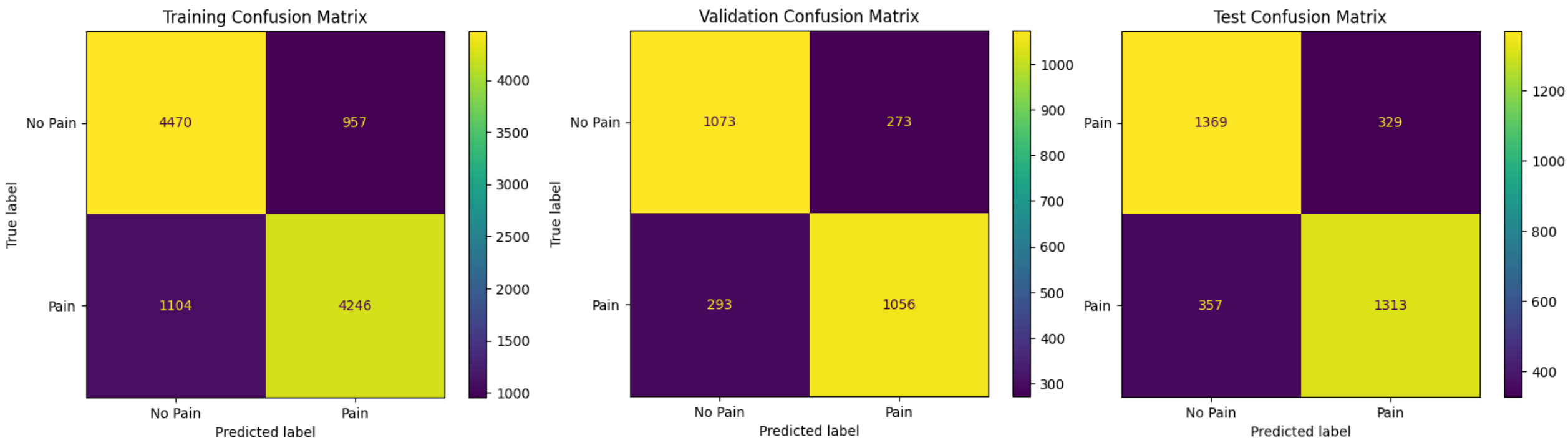
“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

### Pain/No Pain 분류 모델 구현

- **MobileNet-SVM**
  - 딥러닝 (DL) 기반인 의료기기는 모델 파라미터 개수가 많다
  - 때문에 MobileNet-SVM 조합이 더 lightweight하고 적합한다
- **MobileNetV2**
  - Pre-trained with ImageNet
  - Feature extraction
- **SVM: 훈련, 검증, 하이퍼파라미터 최적화, 테스트**
  - 훈련 : 검증 : 테스트 = 6.4 : 1.6 : 2
  - Principal Component Analysis (PCA): feature 데이터 차원 감소
  - Random Search (SGD로): learning rate, regularization type, SVM loss, maximum number of iterations
  - 성능 지표: confusion matrix, accuracy, precision, recall

## IV. 모델 개발 및 시뮬레이션 결과

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

모델 성능 지표

Best hyperparameters: penalty = L2, max\_iter = 1000, loss = hinge, alpha = 0.01

## IV. 모델 개발 및 시뮬레이션 결과

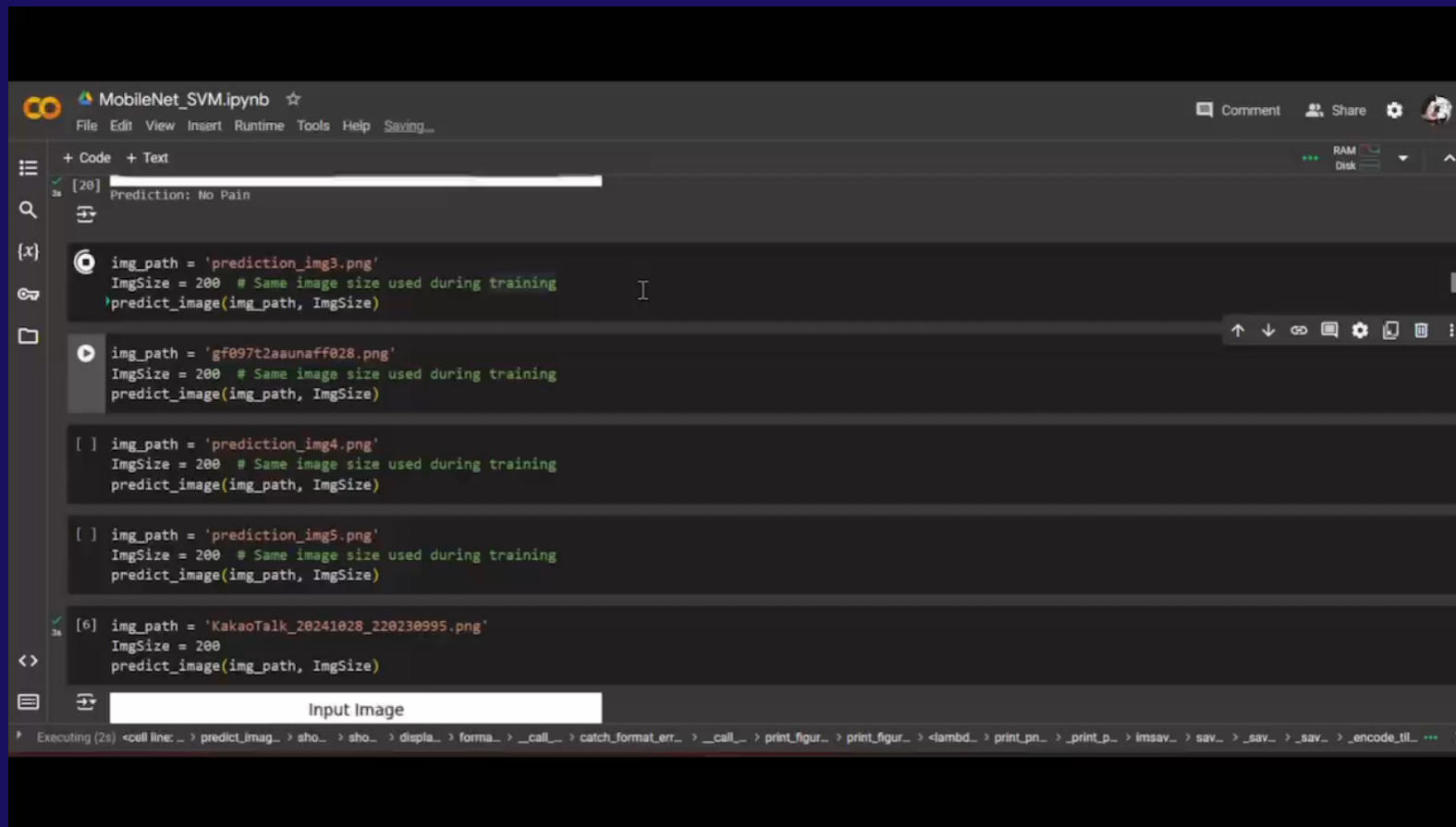
“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

모델 성능 지표

	Accuracy	Precision	Recall	Confusion Matrix
Training Set	80.88%	80.90%	80.88%	[[4470 957], [1104 4246]]
Validation Set	79.00%	79.00%	79.00%	[[1073 273], [293 1056]]
Test Set	79.63%	79.64%	79.63%	[[1369 329], [357 1313]]

## IV. 모델 개발 및 시뮬레이션 결과

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”



```
MobileNet_SVM.ipynb
File Edit View Insert Runtime Tools Help Saving...

+ Code + Text
[20] Prediction: No Pain

img_path = 'prediction_img3.png'
ImgSize = 200 # Same image size used during training
predict_image(img_path, ImgSize)

img_path = 'gf097t2asunaff028.png'
ImgSize = 200 # Same image size used during training
predict_image(img_path, ImgSize)

[ ] img_path = 'prediction_img4.png'
    ImgSize = 200 # Same image size used during training
    predict_image(img_path, ImgSize)

[ ] img_path = 'prediction_img5.png'
    ImgSize = 200 # Same image size used during training
    predict_image(img_path, ImgSize)

[6] img_path = 'KakaoTalk_20241028_220230995.png'
    ImgSize = 200
    predict_image(img_path, ImgSize)

Input Image

Executing (2s) <cell line: ...> predict_imag_> sho_> sho_> displa_> forma_> __call_> catch_format_err_> __call_> print_figur_> print_figur_> <lambd_> print_pn_> _print_p_> imsav_> sav_> _sav_> _sav_> _encode_tll_ ... X
```

## IV. 모델 개발 및 시뮬레이션 결과

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

### 모델 한계점

- 아직 PSPI 점수를 기반으로 pain level 분류 불가
  - 현재 데이터셋은 프레임별 이미지 데이터와 Pain/No Pain 레이블만 배부
- 아직 참 아픔과 거짓 아픔을 구분 불가
  - 해당 데이터 부존재
- 사용된 데이터 셋은 매우 불균형
  - No pain = 82.71%, Pain = 17.29%
- 데이터 증강을 못하였다는 점



## IV. 모델 개발 및 시뮬레이션 결과

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

### 모델 개선 방법

#### 다른 모델 아키텍처로 구현

- CNN (VGG16, InceptionV3, ResNet50 etc.)<sup>1</sup>
- CNN+LSTM/GRU<sup>2</sup>
- Vision Transformers (ViT)<sup>3</sup>

#### 데이터 증강

Ex)  
회전, 플립,  
밝기 조정 등

#### 다른 데이터셋으로 훈련

Ex)  
BioVid Heat Pain  
Database<sup>4</sup>

1 Alghamdi, T., & Alaghband, G. (2022). settings Order Article Reprints Open AccessArticle Facial Expressions Based Automatic Pain Assessment System . Applied Science, 12(13). <https://doi.org/10.3390/app12136423>

2 Makandar, A., & Jadhav, N. (2023). Disease Recognition in Medical Images Using CNN-LSTM-GRU Ensemble, a Hybrid Deep Learning. 2023 7th International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS), 12, 1–9. <https://doi.org/10.1109/csittss60515.2023.10334080>

3 Manzari, O. N., Ahmadabadi, H., Kashiani, H., Shokouhi, S. B., & Ayatollahi, A. (2023). MedViT: A Robust Vision Transformer for Generalized Medical Image Classification. Computers in Biology and Medicine, 157. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2023.106791>

4 Al-Hamadi, A., Walter, S., Dinges, L., Traue, H. C., & Werner, P. (n.d.). The BioVid Heat Pain Database. Retrieved October 29, 2024,.

## V. 타 아이디어와의 차별점

2024 의료 인공지능 아이디어 경진대회

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

Pain Level 확인 기술을 병원 시스템과 연동시켜

긴급 알람이 갈 수 있게 하여

더 효율적인 의료 서비스가 가능하도록 함.

## V. 타 아이디어와의 차별점

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

고통에 대한 표정 변화가 일관적이지 않을 것을 고려하여,  
세 카테고리로 구분하여 학습을 시키는 방안을 제시해  
개개인에게 더 맞춤형 분석을 가능하게 함.

## V. 타 아이디어와의 차별점

“AI 자동화 모델을 활용한  
실시간 Pain Level 산출 및 환자 상태 분석 솔루션”

통증 유발 시작 직전의 상황도 분석의 대상에 넣어,

유발 요인까지 분석할 수 있는 가능성을 제시.

# Q&A

감사합니다.