

■ 김시현

■ 상지대학교 물리치료학과

## Classification of Pulmonary Function using Physical Performance and Depression in Older Adults

Si-hyun Kim PT, PhD

Department of Physical Therapy, Sangji University

**Purpose:** As people age, pulmonary function declines, significantly affecting physical performance and mental health. This decline also contributes to increased disease prevalence and mortality rates. Thus, maintaining pulmonary function is crucial for older individuals to live independently. This study aimed to classify the level of pulmonary function in older people based on physical performance and depression. **Method:** This study was conducted with community-dwelling older individuals aged 65 years. Pulmonary function was evaluated using a spirometer, and participants were classified into low and normal pulmonary function groups based on the ratio of the forced expiratory volume in 1 s to forced vital capacity. Physical performance was assessed using the short physical performance battery (SPPB), and depression was evaluated using the Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9). Classification and regression tree (CART) analysis with 10-fold cross-validation was used to classify pulmonary function using the SPPB, gait speed, and PHQ-9 as variables. **Results:** The CART model identified SPPB, gait speed, and PHQ-9 as significant variables for differentiating between the limited and normal pulmonary function groups. The model achieved 76% accuracy, 80% sensitivity, and 70% specificity. **Conclusion:** Our findings provide valuable information for screening pulmonary function in older adults and promoting timely strategies to address limited pulmonary function in community and clinical settings. Future research with larger datasets is warranted to validate and improve this model.

**Key words:** Aged, decision tree, depression, gait speed, physical functional performance

**Received:** June 24, 2024 / **Revised:** July 6, 2024 / **Accepted:** July 12, 2024

## I. 서론

통계청 장래인구 추계에 따르면 한국의 65세 이상의 고령인구는 22년도에 17.4%를 차지하였으며, 25년도는 20.3%, 36년도는 30.9%, 50년도는 50%를 초과할 것으로 전망하였다(통계청, 2023). 노인 인구 증가와 함께 잇따른 의료비 증가는 사회경제학적 부담을 가중시킨다(건강보험심사평가원, 2023). 노화로 인해 동반되는 신체기능 변화 중 폐기능 저하는 일상생활에서 활동이나 운동성 제한의 원인이 되며, 노인의 의료기관 이용률 및 사망률과도 높은 연관성을 보인다(Alwafi 등, 2023; Sepúlveda-Loyola 등, 2023; Sin 등, 2005). 따라서 노인의 독립적인 생활 유지를 위해 폐기능 저하를 조기에 예측하는 것이 중요하다.

신체기능 손상 수준을 평가하기 위한 신체 수행능력 평가는

낙상, 기능장애, 입원, 사망을 예측하기 위한 중요한 자료가 된다(Choo 등, 2021; Studenski 등, 2003). 특히, 보행속도, 균형능력 평가는 노인의 신체기능 손상을 평가하기 위해 빈번하게 사용되는 도구이며, 느린 보행속도와 균형능력 저하는 노인성 질환인 노쇠 및 근감소증을 진단하기 위한 중요한 근거가 된다(김, 2024; Binotto 등, 2018; Seo 등, 2024). 보행속도 및 균형능력 검사항목을 포함하고 있는 간편신체수행평가(Short Physical Performance Battery; SPPB)는 노인의 신체기능을 평가하기 위해 임상 및 연구분야에서 널리 사용되고 있다. 이전연구에 의하면 10점 이하로 낮은 SPPB 점수는 남녀의 성별과 상관없이 폐기능 저하와 연관성을 보였다(Choi 등, 2012). 남자의 경우 SPPB 점수가 10점 이하로 낮은 사람은 대조군에 비해 폐기능 저하 유병률이 3.76배, 여자는 2.11배 높았다(Choi 등, 2012). 따라서, SPPB는 조기의 폐기능 저하를 예측하기 위한 유용한 도구가 된다.

교신저자: 김시현

주소: 강원도 원주시 상지대길 83, 상지대학교 인재관 503호, E-mail: sihyunkim0411@gmail.com

노인 인구에서 우울증은 신체기능 제한과 연관성이 있다 (Beckman 등, 1997). 우울증과 신체기능 제한 사이에 인과관계를 증명하기는 어려우나 신체적 기능장애가 우울증을 유발할 수 있으며, 우울증이 질병과 신체기능 저하를 유발하기도 한다. 특히 우울증을 보이는 사람은 우울증이 없는 사람에 비해 폐활량이 저하되며, 이는 만성 폐질환 환자뿐만 아니라 일반 대중 인구에서도 나타난다(Goodwin 등, 2007; Lu et, 2013). 따라서, 나이가 증가함에 따라 노인에게서 폐기능 저하에 따른 우울증은 주요하게 관리되어야 한다.

머신 러닝의 기법 중 의사결정나무(decision tree) 분석은 분류와 예측을 위한 효과적인 방법으로 데이터들의 특성(feature)을 이용하여 조건에 따라 목표변수를 예측하는 데 사용된다. 보건 의료분야에서 의사결정나무 분석은 질병을 예측하기 위해 사용되고 있으며, 다양한 요인들을 동시에 고려하여 전체 집단을 소집단으로 분류한다. 신체 수행능력 및 우울증을 측정된 데이터를 기반으로 폐기능 저하를 예측할 수 있다면, 신체기능 또는 우울증 관리를 통해 폐기능 저하 속도를 늦추거나 개선할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 의사결정나무 분석을 이용하여 노인의 폐기능 분류를 위한 적절한 모델을 제안하고, 이 모델의 타당성을 증명하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 강원도에 거주하고 있는 65세 이상의 노인을 대상으로 하였다. 연구자는 모든 연구대상자에게 연구의 목적과 실험 절차에 대해 충분히 설명하였으며, 연구 참여에 동의한 대상자만 연구를 진행하였다. 연구의 참여 기준은 1) 보행기구 없이 독립적으로 서거나 보행이 가능한 자, 2) 폐활량 측정을 위해 최근 1개월 내 객혈, 기흉, 불안정 협심증, 심근경색이나 폐색전증, 흉부, 복부, 대뇌 동맥류, 최근 눈 수술, 구토, 흉부나 복부 수술의 급기증에 해당하지 않는 자로 하였다(Cooper, 2011).

### 2. 연구 절차

모든 연구대상자는 일반적인 정보에 대한 설문, 폐기능 검사, SPPB, 환자 건강 설문-9(Patient health questionnaire-9; PHQ-9)을 실시하였다. 폐기능 검사, SPPB, PHQ-9 검사 순서는 무작위로 배정하여 수행하였으며, 집단에 따른 검사자의 편견을 없애기 위하여 눈가림법을 시행하였다. 모든 검사를 완료한 후 연구대상자는 폐기능에 따라 폐기능 저하군 또는 정상군으로 분류되었다.

### 3. 측정 도구 및 방법

#### 1) 폐기능 검사

대상자의 폐기능을 검사하기 위하여 폐활량계(Pony FX, Cosmed Srl, Italy)를 사용하였다. 검사자는 연구대상자에게 폐기능 측정 전 측정 방법에 대해 충분히 설명하였으며, 대상자는 익숙화 과정을 거친 후 본 측정을 하였다. 검사는 본인의 최대 들숨 후 최대 날숨동안 강제 폐활량(forced vital capacity; FVC), 1초간 최대 날숨량(forced expiratory volume in 1 second; FEV<sub>1</sub>)을 측정하였다. 폐기능에 따른 폐기능 저하군과 정상군을 분류하기 위하여 Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease(2023)의 기준에 따라 FEV<sub>1</sub>/FVC <0.70인 경우 폐기능 저하군, FEV<sub>1</sub>/FVC ≥0.70인 경우 폐기능 정상군으로 분류하였다(Agustí 등 2023). 검사는 3회 실시하였으며, 검사동안 충분한 노력성 날숨이 시행되지 못했을 경우 5회까지 측정하여 재현성 높은 3번의 데이터를 기록하였다. 통계분석을 위하여 FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC를 사용하였으며, 3회 평균값을 사용하였다.

#### 2) 신체 수행능력 검사

대상자의 신체 수행능력을 평가하기 위하여 SPPB를 시행하였다(Jack 등, 1994). SPPB는 3가지 항목인 균형, 보행, 의자에서 일어서기 검사로 구성되어 있다. 균형 검사는 일반자세, 반일렬자세, 일렬자세에서 정적 자세를 유지할 수 있는 시간을 측정하였다. 일반자세와 반 일렬자세를 10초 이상 유지할 경우 1점, 유지하지 못할 경우 0점을 부여한다. 일렬자세는 10초 이상 유지할 경우 2점, 3초 이상 10초 미만 유지할 경우 1점, 3초를 유지하지 못하면 0점을 부여한다. 보행 검사는 4m를 걷는 동안 소요시간을 측정하였으며, 걷는 속도는 평소 걷는 속도로 하였다. 소요시간이 4.82초 미만인 경우 4점, 4.82~6.20초인 경우 3점, 6.21~8.70초인 경우 2점, 8.70초 이상이면 1점을 부여한다. 의자에서 일어서기 검사는 의자에 앉은 자세에서 일어서기 동작을 5회 수행하는 동안 소요시간을 측정하며, 11.19초 미만이면 4점, 11.20~13.69초인 경우 3점, 13.70~16.69초인 경우 2점, 16.70초 이상이면 1점, 60초 이상이면 0점을 부여한다. SPPB 검사는 총 12점을 만점으로 점수가 높을수록 신체기능 수준이 높은 것으로 해석한다. 통계분석을 위하여 SPPB 총 점수와 4m 거리를 걸었을 때의 보행속도를 사용하였다.

#### 3) 환자 건강 설문-9

PHQ-9는 우울장애 여부를 선별할 수 있는 도구로 총 9개의 문항에 대해 4개의 응답 범주로 구성된다. 연구대상자는 각 문항에 대해 지난 2주간 ‘전혀 방해 받지 않음(0점)’, ‘며칠 동안 방해 받음(1점)’, ‘7일 이상 방해 받음(2점)’, ‘거의 매일 방해 받음(3

점)과 같이 빈도에 따라 응답하였다. 총 문항의 점수는 0~27점 사이의 범위를 가지며, 점수가 높을수록 우울증이 심각하다는 것을 의미한다. 통계 분석을 위하여 PHQ-9 점수를 사용하였다.

4. 통계 방법

연구대상자의 나이, 키, 몸무게, 체질량지수, 폐기능 평가를 위한 변수인 FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC와 SPPB, 보행속도, PHQ-9의 차이를 검증하기 위하여 모수검정을 위한 독립표본 t-검정 혹은 비모수검정을 위한 맨-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였다. 또한, 집단간 성별 분포 차이를 검증하기 위하여 카이제곱 검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은 α=0.05로 설정하였으며, 통계 분석은 SPSS Windows용 ver. 26 프로그램(SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하였다.

폐기능 분류를 위하여 의사결정나무 분석을 하였으며, Python 프로그램에서 분류회귀나무(classification and regression tree; CART) 알고리즘을 사용하였다. 불순도를 최소화하기 위한 Gini 지수를 이용하였으며, SPPB, 보행속도, PHQ-9의 3가지 변수로 모델을 생성하였다. 모델 평가는 10배 교차 검증(10-fold cross-validation)을 이용하여 전체 데이터를 10개의 폴드(fold)로 나눈 후, 각 반복에서 9개의 폴드를 훈련용으로 사용하고, 나머지 1개의 폴드를 검증용으로 사용하였다. 모델의 성능을 검증하기 위하여 정확도, 민감도, 특이도를 제시하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 특성

본 연구는 지역사회에 거주하는 65세 이상의 노인 50명이 참여하였다. 50명 중 20명(40%)은 폐기능 저하군으로 분류되었으며, 30명(60%)은 정상 폐기능군으로 분류되었다. 집단에 따른 연구대상

표 1. Participant's characteristics and pulmonary function

| Variables                | Low pulmonary           | Normal      | p     |
|--------------------------|-------------------------|-------------|-------|
| Sex(F/M)                 | 11/9                    | 21/9        | 0.370 |
| Age(yrs)                 | 83.85±5.15 <sup>a</sup> | 81.13±7.15  | 0.002 |
| Height(cm)               | 158.58±9.97             | 157.98±7.11 | 0.792 |
| Weigh(kg)                | 59.64±12.00             | 63.37±9.65  | 0.276 |
| BMI(kg/m <sup>2</sup> )  | 23.59±3.61              | 25.32±2.86  | 0.066 |
| FVC(L)                   | 2.21±0.80               | 2.30±0.67   | 0.679 |
| FEV <sub>1</sub> (L)     | 1.30±0.60               | 1.84±0.49   | 0.000 |
| FEV <sub>1</sub> /FVC(%) | 57.48±9.97              | 80.89±5.26  | 0.001 |

<sup>a</sup>mean±standard deviation

BMI: body mass index, FEV<sub>1</sub>: forced expiratory volume in 1 second, FVC: forced vital capacity

자의 일반적 특성 및 폐기능은 <표 1>에 기술하였다. 정상군보다 폐기능 저하군의 나이가 유의하게 많았으며, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC는 정상군보다 폐기능 저하군이 유의하게 감소하였다.

2. SPPB, 보행속도, PHQ-9

수집된 SPPB 점수, 보행속도, PHQ-9 점수의 평균 및 표준편차, 집단간 비교를 위한 통계 결과를 <표 2>에 제시하였다. 폐기능에 따른 SPPB 점수는 건강군에 비해 폐기능 저하군에서 유의하게 낮았으며(p<.05), 보행속도는 두 집단간 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05). 또한, 폐기능 저하군은 건강군에 비해 PHQ-9 점수가 유의하게 높았으며, 이 결과는 정상군보다 폐기능 저하군의 우울증이 심각한 것을 나타낸다(p<.05).

표 2. Comparison of SPPB, gait speed, and PHQ-9

| Variables       | Low pulmonary          | Normal     | p     |
|-----------------|------------------------|------------|-------|
| SPPB(score)     | 8.10±2.27 <sup>a</sup> | 10.10±1.73 | 0.002 |
| Gait speed(m/s) | 0.98±0.27              | 1.10±0.26  | 0.137 |
| PHQ-9(score)    | 6.25±5.14              | 2.57±2.40  | 0.004 |

<sup>a</sup>mean±standard deviation

PHQ-9: Patient Health Questionnaire-9, SPPB: Short Physical Performance Battery

3. 의사결정나무

CART 모델은 폐기능 저하군과 정상군을 분류를 위하여 SPPB, 보행속도, PHQ-9를 선택하였다(그림 1). 총 7개의 노드 중 최종적으로 4개의 자식 노드가 생성되었다. 폐기능 저하를 결정하기 위한 가장 강력한 예측 인자는 PHQ-9이며, PHQ-9>6.5점인 경우 90.90%가 폐기능 저하군으로 분류되었고, PHQ-9≤6.5점인 경우 25.64%가 폐기능 저하군으로 분류되었다. PHQ-9≤6.5점인 노인 중 SPPB≤10.5점인 경우 38.46%가 폐기능 저하군으로 분류되었으며, 보행속도≤0.996m/s인 경우 53.33%가 폐기능 저하군으로 분류되었다. 모델의 정확도는 76%, 민감도는 80%, 특이도는 70%를 보였다.

Ⅳ. 고찰

CART 모델은 데이터를 효과적으로 나눌 수 있는 가장 적합한 특성을 결정하고 이를 바탕으로 데이터를 분할 할 변수를 바탕으로 목표변수를 예측한다. 본 연구는 CART 모델을 이용하여 폐기능 저하와 정상 폐기능을 가진 그룹을 분류하였으며, 신체의 수행능력을 평가하기 위한 SPPB와 보행속도, 우울증을 평가하기 위한 PHQ-9가 이 모델에 포함되었다. 본 연구는 임상에서

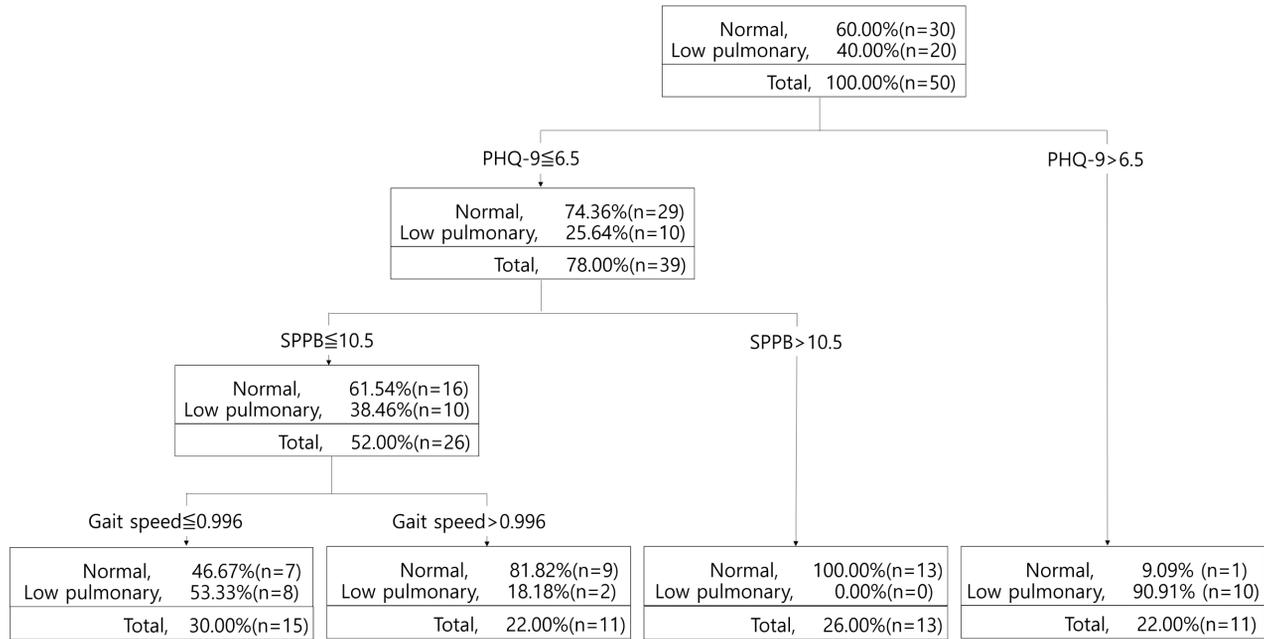


그림 1. CART model for classifying low pulmonary function in older adults (PHQ, Patient Health Questionnaire; SPPB, Short Physical Performance Battery)

노인의 신체수행능력과 보행속도, 우울증을 평가하여 폐기능 저하 노인을 분류하는데 활용할 수 있다는 점에서 의미가 있다. 또한, 검사 결과에 따라 폐기능 저하를 보이는 노인을 위해 관리 전략을 제시할 수 있으며, 평가 도구는 유용하게 사용될 수 있다.

본 연구에서 PHQ-9의 점수가 6.5점보다 높은 노인 중 90.91%는 폐기능 저하를 보였다. Han 등(2008)의 한국 노인 연구에 의하면 노인의 우울증을 진단하기 위한 PHQ-9 설문지의 점수를 5점으로 제시하였으며, 본 연구의 결과인 폐기능 저하를 예측하기 위한 6.5점은 우울증 기준보다 높은 점수이다. 이전 연구에서 폐쇄성 폐기능과 마음의 건강상태는 유의한 연관성을 보이며, 폐쇄성 폐기능을 가진 사람은 낮은 웰빙, 낮은 일반적인 건강, 자가 통제를 보였다(Goodwin 등, 2007). 본 연구의 결과에서도 폐기능 저하군은 정상 폐기능 군에 비해 우울증 점수가 유의하게 높았으며, 65세 이상의 노인에서 낮은 폐기능과 우울증과의 연관성을 증명할 수 있었다. 지역사회연구 혹은 임상에서 우울증은 노인의 폐기능을 관리하기 위해 고려되어야 할 요소이다.

신체수행능력은 폐기능 감소와 유의한 연관성이 있으며, SPPB는 노인들의 폐기능 감소를 예측하기 위한 유용한 도구로 사용되고 있다. 이전 연구에서 만성폐쇄성폐질환 환자의 운동성 제한을 평가하기 위한 SPPB 절단값으로 10점을 제시하였으며(Bernabeu-Mora 등, 2015), 본 연구에서 노인의 폐기능 수준을 분류하기 위한 SPPB의 10.5점과 근삿값을 보인다. 본 연구에서 PHQ-9 설문지의 점수가 6.5점 이하이며, SPPB 점수가 10.5점 이상으로 높은 신체수행능력을 보이는 노인 13명은 모두 정상

폐기능으로 분류되었다. 노화로 인해 잔기량 증가, 가슴벽 순응도 (compliance) 감소, 폐기능 저하는 호흡 노력 증가와 운동 불내성(exercise intolerance)의 원인이 된다(Janssens, 2005). 이는 신체 수행능력 저하의 원인이 되며, 일상생활 활동에 영향을 미치게 된다. 따라서, 노인의 폐기능 저하를 분류하기 위해 신체수행능력평가가 사용될 수 있으며, 신체수행능력 저하가 있다면 그에 따른 치료중재가 필요할 것이다.

보행 검사는 노인에게서 기능적인 운동 용량(functional exercise capacity)을 평가하기 위한 객관적인 도구이며, 노인의 보행 속도를 이용하여 미래의 입원율, 건강 및 신체기능 저하를 예측할 수 있다(Studenski 등, 2003). Ozsoy 등(2022)에 의한 연구에서 만성폐쇄성폐질환으로 진단된 60세 이상의 노인에서 느린 보행속도와 FEV<sub>1</sub>과의 유의한 상관성을 증명하였으며, 만성 폐쇄성폐질환의 손상된 건강상태를 예측하기 위해 보행속도 1.04m/s를 제시하였다. 본 연구 결과에서 SPPB 10.5점 이하의 노인 중 보행속도가 0.996m/s보다 빠른 노인은 11명이었으며, 9명(81.82%)은 정상 노인으로 분류되었으며, 2명(18.18%)은 폐기능 저하군으로 분류되었다. 본 연구를 통해 보행속도와 폐기능 사이의 연관성을 증명할 수 있었으며, 전반적인 신체수행능력이 낮더라도 보행속도가 빠른 노인은 정상 폐기능 수준을 보일 수 있을 것이다. 따라서 노인의 폐기능을 분류하기 위해 보행검사가 사용될 수 있으며, 추후 연구에서는 보행 속도 향상이 폐기능 증진에 기여하는지에 대한 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 다음과 같은 제한점을 가진다. 첫 번째로 본 연구는

데이터의 크기가 적고, 모델의 정확도가 76%으로 폐기능 수준을 분류하기 위한 더욱 높은 정확도를 가진 모델을 개발할 필요가 있다. 추후 연구에서는 많은 데이터 셋과 폐기능 수준을 분류할 수 있는 추가적인 독립변수를 고려되어야 할 것이다. 다음 제한점으로 본 연구에 참여한 노인들은 지역사회복지시설을 중심으로 한정된 대상자들이 모집되었다. 신체활동이나 사회적 레저 활동 참여는 우울증 감소와 연관성이 있으며, 활동 참여는 미래의 우울증을 예측하기 위한 인자이다(Gao 등, 2023). 또한, 사회적 참여는 신체기능 저하 속도를 늦출 수 있다(Saadeh 등, 2020). 추후 연구에서는 일반화를 위하여 연구대상자를 다양한 범위의 사회 활동 수준을 가지는 노인들로 확대할 필요가 있다.

## V. 결론

본 연구는 지역사회 노인을 대상으로 신체수행능력, 보행속도, 우울증을 평가하여 폐기능 저하를 분류하였으며, 제시된 모델을 활용하여 신체기능과 우울증에 따라 폐기능을 관리하거나 중재할 수 있을 것이다. 앞으로 폐기능 분류를 위해 대규모 연구에서 정확도 높은 모델 개발뿐만 아니라 신체 수행능력 또는 우울증 개선을 위한 중재와 폐기능과의 연관성 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- 김시현. 지역사회 거주 여성 노인의 폐 기능과 근감소증과의 상관성 연구. *대한심장호흡물리치료학회지*, 12(1);21-25, 2024.
- 통계청. *장래인구추계: 2022~2072년*, 2023.
- 건강보험심사평가원. *2023년 상반기 건강보험 진료비통계지표 (진료일 기준)*, 2024.
- Agustí A, Celli BR, Criner GJ, et al. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease 2023 Report: GOLD Executive Summary. *Am J Respir Crit Care Med*, 207(7);819-837, 2023.
- Alwafi H, Naser AY, Ashoor DS, et al. Trends in hospital admissions and prescribing due to chronic obstructive pulmonary disease and asthma in England and Wales between 1999 and 2020: an ecological study. *BMC Pulm Med*, 23(1);49, 2023.
- Beekman AT, Deeg DJ, Braam AW, et al. Consequences of major and minor depression in later life: a study of disability, well-being and service utilization. *Psychol*, 27(6);1397-1409, 1997.
- Bernabeu-Mora R, Medina-Mirapeix F, Llamazares-Herrán E, et al. The Short Physical Performance Battery is a discriminative tool for identifying patients with COPD at risk of disability. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 10;2619-2626, 2015.
- Binotto MA, Lenardt MH, Rodríguez-Martínez MDC. Physical frailty and gait speed in community elderly: a systematic review. *Rev Esc Enferm USP*, 52;e03392. 2018.
- Choi HC, Son KY, Cho B, et al. An implication of the short physical performance battery (SPPB) as a predictor of abnormal pulmonary function in aging people. *Arch Gerontol Geriatr*, 54(3);448-452, 2012.
- Choo PL, Tou NX, Jun Pang BW, et al. Timed Up and Go (TUG) Reference Values and Predictive Cutoffs for Fall Risk and Disability in Singaporean Community-Dwelling Adults: Yishun Cross-Sectional Study and Singapore Longitudinal Aging Study. *J Am Med Dir Assoc*, 22(8);1640-1645, 2021.
- Cooper BG. An update on contraindications for lung function testing. *Thorax*, 66(8);714-723, 2011.
- Han C, Jo SA, Kwak JH, et al. Validation of the Patient Health Questionnaire-9 Korean version in the elderly population: the Ansan Geriatric study. *Compr Psychiatry*, 49(2);218-223, 2008.
- Gao Y, Jia Z, Zhao L, et al. The Effect of Activity Participation in Middle-Aged and Older People on the Trajectory of Depression in Later Life: National Cohort Study. *JMIR Public Health Surveill*, 9;e44682, 2023.
- Goodwin RD, Chuang S, Simuro N, et al. Association between lung function and mental health problems among adults in the United States: findings from the First National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol*, 165(4);383-388, 2007.
- Jack M. Guralnik, Eleanor M. et al. Short Physical Performance Battery Assessing Lower Extremity Function: Association With Self-Reported Disability and Prediction of Mortality and Nursing Home Admission. *J Gerontol*, 49(2);M85-94, 1994.
- Janssens JP. Aging of the respiratory system: impact on pulmonary function tests and adaptation to exertion. *Clin Chest Med*, 26(3);469-484, 2005.
- Lu Y, Feng L, Feng L, et al. Systemic inflammation, depression and obstructive pulmonary function: a population-based study. *Respir Res*, 14(1);53, 2013.
- Ozsoy I, Kodak MI, Zerman N, et al. Optimal Cut-Off

- Points of 4-meter Gait Speed to Discriminate Functional Exercise Capacity and Health Status in Older patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Ann Geriatr Med Res*, 26(2);156-161, 2022.
- Saadeh M, Welmer AK, Dekhtyar S, et al. The Role of Psychological and Social Well-being on Physical Function Trajectories in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 75(8);1579-1585, 2020.
- Seo S, Kwon T, Shin M, et al. Development of sarcopenia assessment system using balance and gait ability: Preliminary tests in the elderly. *Technol Health Care*, 32(S1);447-455, 2024.
- Sepúlveda-Loyola W, Carnicero JA, Álvarez-Bustos A, et al. Pulmonary function is associated with frailty, hospitalization and mortality in older people: 5-year follow-up. *Heart Lung*, 59;88-94, 2023.
- Sin DD, Wu L, Man SF. The relationship between reduced lung function and cardiovascular mortality: a population-based study and a systematic review of the literature. *Chest*, 27(6);1952-1959, 2005.
- Studenski S, Perera S, Wallace D, et al, Physical performance measures in the clinical setting. *J Am Geriatr Soc*, 51(3);314-322, 2003.