



# 병원 입원 환자를 위한 낙상예방중재 효과의 비교우위: 네트워크 메타분석

강현욱<sup>1)</sup> · 고지운<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>강원대학교 간호대학 교수, <sup>2)</sup>선문대학교 간호학과 부교수

## Comparative Effect of Interventions for Fall Prevention in Hospitals: Network Meta-analysis

Kang, Hyunwook<sup>1)</sup> · Ko, Ji Woon<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Professor, College of Nursing, Kangwon National University, Chuncheon, Korea  
<sup>2)</sup>Associate Professor, Department of Nursing Science, Sunmoon University, Asan, Korea

**Purpose:** This study aimed to assess and compare the effectiveness of various fall prevention interventions in hospitals through a network meta-analysis. **Methods:** A network meta-analysis was conducted using the "netmeta" package in R software (v4.1), employing a frequency method. Odds ratios of fall rates and injurious fall rates were utilized to confirm the effects of interventions for fall prevention. Comparative rankings of these interventions were determined using cumulative probability (P-score). **Results:** Comparative rankings via cumulative probability (P-scores) revealed individualized education as the most effective intervention for fall incidence (P-Score 87.8%). Followed by fall-preventing sensors (60.9%), multicomponent interventions (47.4%), usual care (33.2%), and environmental modification (20.7%). For fall-related injuries, individualized education ranked highest (P-Score 97.1%), followed by multicomponent interventions (76.0%), usual care (47.6%), environmental modification (24.2%), and fall-preventing sensors (5.1%). **Conclusion:** This study provides valuable insights into the relative effectiveness of diverse interventions in preventing fall incidence through network meta-analysis. The findings aim to support nurses in making informed decisions when implementing fall prevention strategies in clinical practice.

**Key Words:** Accidental fall; Accident prevention; Hospitals; Patient safety; Network meta-analysis

### 서론

#### 1. 연구의 필요성

낙상은 전 세계적으로 병원에 입원한 환자의 안전을 위협하는 주요 원인이며, 환자들의 이환율, 사망률, 입원기간 연장 및 이에 따른 의료비용의 증가와 유의한 관계가 있는 것으로 알려졌다(Beck et al., 2019; Visvanathan et al., 2022). 미국에서는

연간 약 70~100만명의 입원 환자 낙상이 발생하였고 그 결과 외상 25만건, 그리고 사망 환자 수는 11,000명에 달한다고 보고 되었다(Dykes et al., 2020). 약 30%의 낙상 사건에서 상해가 발생하며 그 중 10%는 중증 외상에 속한다(Hester, Tsai, Rettiganti, & Mitchell, 2016). 낙상으로 인한 주된 결과에는 상해로 인한 연조직 손상, 의식변화, 골절을 비롯하여 통증, 낙상 두려움이 포함된다(Cho & Lee, 2017; Heng et al., 2020). 병원 입원 환자의 낙상은 환자 안전사고에 포함되므로 국제적

**주요어:** 낙상, 예방 프로그램, 병원, 환자안전, 네트워크 메타분석

**Corresponding author:** Ko, Ji Woon <https://orcid.org/0000-0003-4349-5608>

Department of Nursing Science, Sunmoon University, 221 Sunmoon-ro, Tangjeong-myeon, Asan 31640, Korea.  
Tel: +82-41-530-2729, Fax: +82-41-530-2725, E-mail: jiwoon5275@sunmoon.ac.kr

**Received:** Nov 13, 2023 | **Revised:** Dec 8, 2023 | **Accepted:** Dec 8, 2023

으로 사용되는 간호 질 관리 지표 중 하나이다.

중환자실과 같이 환자의 중증도가 높고 환자-간호사의 비율이 높은 환경에서는 낙상 발생이 상대적으로 드문 사건일 수 있지만(Halm & Quigley, 2011), 낙상은 급성기 병원에서 발생하는 안전사고의 약 30%를 차지한다고 보고되었다(Ruchinskaskas, 2003). 또한 Cho와 Lee (2017)의 연구에서 국내 일개 상급종합병원 입원 환자 428명을 대상으로 후향적 조사를 실시한 결과, 낙상으로 인한 상해발생률은 46.0%에 이르렀고, 이 중 22.4%의 환자가 낙상으로 인한 의학적 치료를 받았으며 골절 등 중증 상해 발생률은 1.4%였다고 보고하였다. 이러한 병원 입원 환자의 낙상과 낙상에 따른 상해는 환자와 그 가족들에게 신체적, 정신적, 경제적 부담을 가중시킬 뿐만 아니라 치료와 재원일수 증가와 관련하여 의료비 상승에 기여하므로(Kim & Lee, 2014) 병원 내 낙상을 감소시키려는 지속적인 노력이 필요하다.

따라서 입원 환자의 낙상을 예방하기 위해 다양한 중재들이 개발 및 적용되어왔다. 이러한 중재들 중 단일 중재에는 낙상 위험요인 평가 및 관리, 경보를 발생기 설치, 의도적 간호순회(intentional rounding), 낙상 예방 관련 환자 교육, 병동 또는 병실의 환경 개선, 물리적 억제대 적용, 낙상방지 양말 착용 등이 있으며, 두 가지 이상의 중재를 병용하여 구성한 다중요인 통합 중재(multi-component intervention)도 다수 개발되어 적용되고 있다(LeLaurin & Shorr, 2019).

입원 환자를 위한 낙상 예방 중재가 수년 동안 개발 및 적용되어 왔지만 그 중 가장 효과적인 중재가 무엇인지에 대한 결론은 내려진 바 없다. 낙상은 환자뿐만 아니라 의료기관에도 부정적인 영향을 미치므로 공중보건에서 중요 이슈로 다루어지고 있다. 그러므로 보다 효과적인 중재가 무엇인지에 대해 확인할 필요가 있다.

낙상 예방 중재 관련 메타분석연구는 다수 수행되었으나, 2가지 이상 중재들의 효과를 비교한 연구는 부족하다. 네트워크 메타분석 연구는 2가지 이상 중재들의 직접적, 간접적 근거를 합성하여 그 효과를 비교하기 위한 연구방법이다(Shim, 2019). 따라서 네트워크 메타분석을 통하여 다양한 낙상예방 중재 효과의 비교우위를 결정할 수 있다. 본 연구의 목적은 병원의 성인 입원 환자들을 대상으로 낙상예방 중재의 효과를 검증하기 위한 무작위대조실험연구(Randomized controlled trials [RCTs])와 통제집단이 있는 비무작위대조실험연구(non-RCTs)의 네트워크 메타분석을 통하여 낙상발생률과 낙상으로 인한 상해발생률에 대한 효과에 대한 비교우위를 검증하고자 함이다.

## 연구방법

### 1. 연구설계

본 연구는 병원에 입원 중인 성인 환자를 대상으로 낙상 예방을 위한 중재 효과의 비교우위를 검증하기 위한 네트워크 메타분석 연구이다.

### 2. 분석 대상 논문의 선정기준과 제외기준

네트워크 메타분석을 위하여 우선 PICOs (Participants, Intervention, Comparison, Outcome, Study)를 기반으로 대상 논문들을 검색하였다. 연구대상(Participants)은 입원 중인 성인 환자이고 관심 중재(Intervention)는 낙상예방 프로그램이며 이에 대한 비교 중재(Comparison)는 병동에서 평상시에 시행하는 기존의 낙상예방 프로그램으로 하였다. 중재결과(Outcome)는 낙상 발생률과 낙상과 관련된 상해 발생률로 설정하였다. 연구설계(Study design)는 무작위대조실험연구(RCTs)와 통제집단이 있는 비무작위대조실험연구(non-RCTs)로 제한하였다. 또한 측정도구의 신뢰도와 타당도가 검증된 논문들과, 영어 또는 한글로 작성된 논문들을 선정하였다. 조사 연구, 종설, 질적연구, 예비조사연구, 학회에 발표된 초록 등의 연구는 제외하였다.

### 3. 문헌검색 및 선정

본 연구에서는 2010년부터 2023년 8월 30일까지 국내 및 국외에서 출판된 낙상예방 중재 관련 연구 중 동료심사과정을 거친 학술지 논문을 검색하였다. 자료수집의 첫 단계로 국내 3개, 국외 2개 온라인 데이터베이스를 수기검색 하였다. 국내 데이터베이스에는 학술연구정보서비스(Research Information Sharing Service, RISS), e-article, ScienceOn을 포함하였다. 국외 데이터베이스로는 Pubmed, CINAHL complete (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature)를 검색하였다.

국문 검색용어로 '낙상' OR '낙상예방' 과 '중재' OR '프로그램' 그리고 '병원' OR '입원' 등의 용어를 조합하여 문헌을 검색하였다. 국외에서 출판된 논문은 'fall' or 'fall prevention' 과 'intervention' OR 'program'과 'hospital', OR 'inpatient', OR 'rehabilitation' OR 'ward' 그리고 'RCT' OR 'randomized controlled trial' OR 'clinical trial'의 검색어를 조합

하여 문헌 검색을 실시하였다. 검색 대상은 “all adults (모든 성인)”로 제한하였다.

그 결과 국내에서 90편, 국외에서 991편의 문헌이 검색되어 총 1,081편의 논문이 검색되었다. 서지반출 프로그램(Ref-Works)을 이용하여 국내·외 논문의 중복 여부를 검토한 결과, 82개의 중복논문을 제외하고 999편의 논문이 제목과 초록 검토 대상 문헌에 포함되었다. 한 명의 연구자(KJ)가 선정된 논문의 제목을 읽고 명백히 관련이 없는 논문 934편을 제외하였다. 이후 두 명의 연구자(KH와 KJ)가 각각 초록을 검토하여 PICO에 적합하지 않은 논문 32편을 제외하여 총 33편의 논문이 원문 검토 대상에 포함되었다. 원문을 검토한 후 제외기준에 따라 낙상예방 중재를 실시했으나 낙상발생률을 제시하지 않은 연

구 9편, 낙상 예방 중재가 아닌 연구 6편, 무작위 대조군 연구 또는 비무작위 대조군 연구가 아닌 연구 5편을 포함하여 총 20편의 연구가 제외되었다. 따라서 최종적으로 13개의 논문이 분석에 포함되었다(Figure 1).

#### 4. 분석대상 문헌의 질 평가

선정된 문헌의 질 평가는 Scottish Intercollegiate Guidelines Network (2021)에서 개발한 Methodology Checklist for Randomised Controlled trial 을 이용하였다. 평가 항목에는 무작위배정, 배정순서 은폐, 눈가림, 대조군의 유무, 중재군과 대조군의 유사성, 결과평가의 타당성 등이 포함되며, 각 항

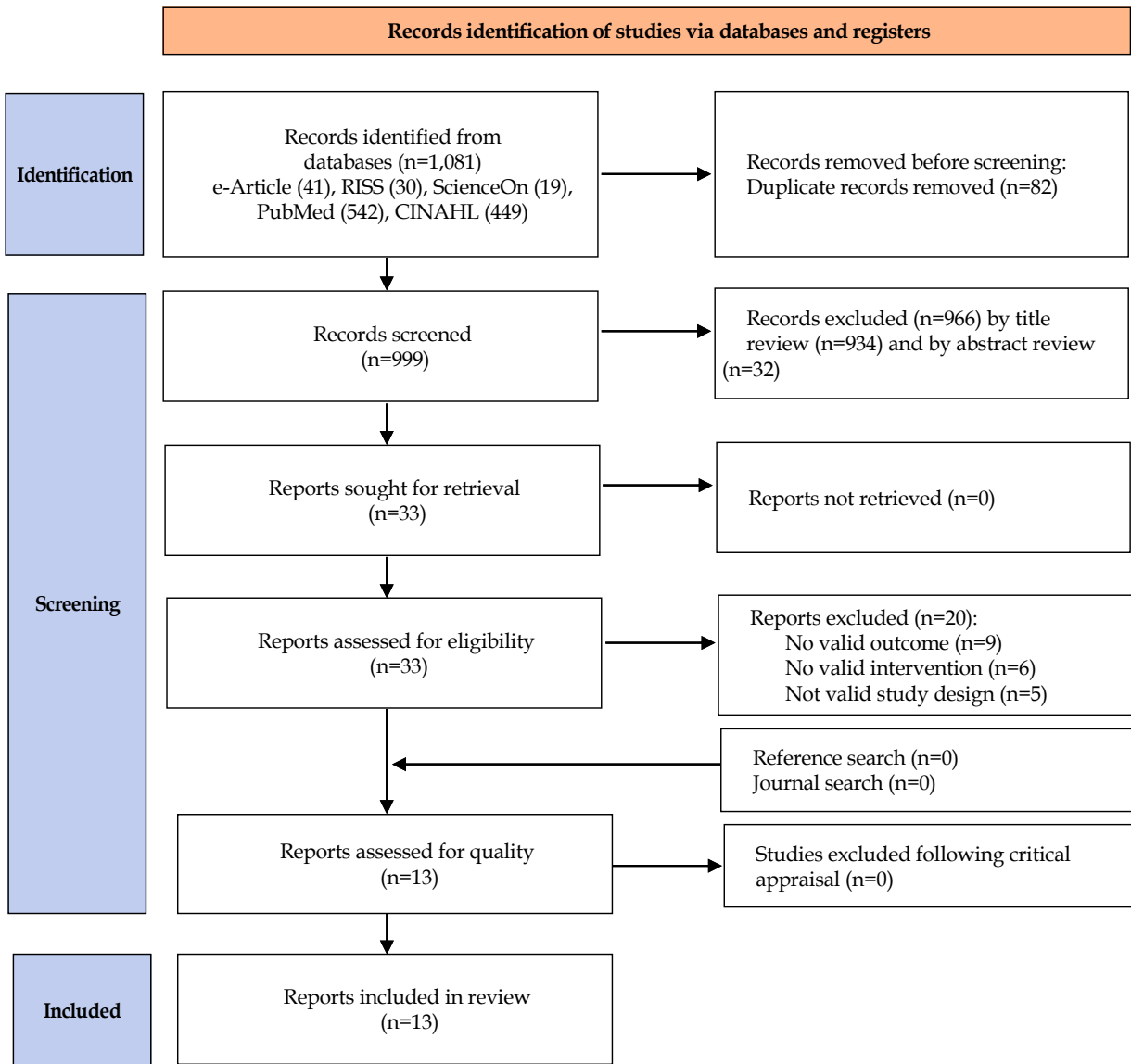


Figure 1. PRISMA flow diagram.

목은 “예(Yes)”, “아니오(No)”, “확실하지 않음(Can't say)”으로 평가된다. 선정된 문헌의 질에 대한 평가는 각 문헌의 편향 위험의 정도에 따라서 ‘++(High quality, 연구의 질이 높음)’, ‘+(Acceptable, 연구의 질이 보통)’, ‘-(Low quality, 연구의 질이 낮음)’, 그리고 ‘0 (Unacceptable, 분석에 사용 불가능)’으로 평가된다. 선정된 문헌의 연구방법이 RCT가 아닌 경우 평가항목 중 무작위배정, 배정순서 은폐, 눈가림 등을 적용할 수 없어 SIGN으로 실시한 연구논문의 질 평가 결과가 ‘+(Acceptable, 보통)’ 이상으로 분류될 수 없다.

## 5. 자료분석

본 네트워크 메타분석 연구에서는 R software version 4.1 (R Core Team, 2021)의 “netmeta” 패키지를 사용하여 빈도주의 방법을 적용하여 병원에 입원 중인 성인 환자의 낙상예방을 위한 중재들의 비교우위를 선정하였다(Shim, 2019). 낙상 예방 중재의 효과는 입원기간 동안의 낙상발생률과 낙상 관련 상해 발생률을 Odds Ratio (OR)값으로 각각 비교 분석하였다. 낙상 예방 중재의 낙상 발생 예방에 대한 효과 분석에는 13개의 연구가 포함되었으며 낙상 예방 중재의 낙상에 따른 상해 발생 예방에 대한 효과의 분석에는 Shorr 등(2012)과 Park (2021)의 연구를 제외한 11개의 연구가 포함되었다. 본 연구에서 낙상 발생 및 낙상 관련 상해 예방을 위한 낙상 예방 중재 간의 직접 비교가 없는 중재들은 보정된 간접 비교(Adjusted Indirect Treatment Comparison, AITC)를 통하여 효과크기를 계산하였으며 이를 위하여 사용되는 공통 비교 중재(이하 기준 중재)(Shim, 2019)는 연구대상 병동에서 일반적으로 환자들에게 적용되는 기본 낙상 예방 프로그램으로 설정하였다.

일관성 검정은 직접비교와 간접비교가 모두 존재하는 혼합 비교가 존재하는 경우 실시되는 것으로 직접비교와 간접비교의 효과크기가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는 것을 검정한다. 전체 모델의 일관성 검정은 Wald test로 실시하며 검정결과가 귀무가설인 일관성의 지지 여부를 확인한다. 또한 각 치료별 일관성 검정은 netsplit 함수를 사용하며 치료별  $p$ -value가 통계적으로 유의하지 않을 때 일관성 모델을 지지한다(Shim, 2019). 연구 간 이질성은  $Q$ 값 및  $I^2$  (I square)를 통해 확인하며  $Q$ 값의  $p$ -value가 0.1 이하이고  $I^2$ 이 50% 이상이면 이질성이 높은 경우로 판단하여 Random effect model을 사용하여 분석하였다(Shim, 2019). 낙상 발생 예방에 대한 중재들의 효과는  $Q < 0.0001, I^2=89.8\%$ 로 이질성이 높은 것으로 판단하여 Random effect model을 사용하여 분석하였고,

낙상 관련 상해 발생 예방에 대한 효과는  $Q=0.20, I^2=28.2\%$ 로 이질성이 적은 것으로 나타나 Fixed effect model을 사용하였다(Cho, 2020).

낙상 발생 및 낙상 관련 상해 발생에 대한 중재 간 비교우위를 선정하는 것은 네트워크 메타분석의 가장 중요한 기능 중 하나이다. 본 연구에서 병원에 입원한 환자의 낙상 발생률과 낙상과 관련된 상해 발생률에 대한 낙상 예방 중재 간 비교우위는 누적 확률(P-Score)로 선정하였다(Shim, 2019). Funnel plot를 실시하여 출판 편향을 검정하였다.

## 연구결과

### 1. 연구대상 논문의 특성

입원 환자의 낙상 예방 중재의 효과 낙상 발생 예방에 대한 비교우위를 확인하기 위하여 13편의 연구가 포함되었으며 (Ang, Mordiffi, & Wong, 2011; Baker et al., 2016; Drahota et al., 2013; Dykes et al., 2010; Haines, Bell, & Varghese, 2010; Haines et al., 2011; Hardin, Dienemann, Rudisill, & Mills, 2013; Hill et al, 2015; Park, Ryu, Kwon, & Lee, 2019; Park, 2021; Sahota et al., 2014; Shorr et al., 2012; Visvanathan et al., 2022), 이중 낙상 관련 상해 발생 예방에 대한 낙상 예방 중재의 비교우위를 확인하기 위하여 상해발생률이 제시된 11편의 연구가 포함되었다(Ang et al., 2011; Baker et al., 2016; Drahota et al., 2013; Dykes et al., 2010; Haines et al., 2010; Haines et al., 2011; Hardin et al., 2013; Hill et al, 2015; Park et al., 2019; Sahota et al., 2014; Shorr et al., 2012; Visvanathan et al., 2022). 이 연구들의 특성은 Table 1과 같다. 논문의 출간 연도는 2010년, 2011년과 2013년이 각 2편, 2012년, 2014년, 2015년, 2016년, 2019년, 2021년 그리고 2022년이 각각 1편이었다. 선정된 연구는 RCTs 10편, non-RCT 3편이었으며, 연구가 진행된 국가는 호주가 5편, 미국이 3편, 대한민국과 영국이 각각 2편, 싱가포르가 1편이었다. 연구의 표본 크기의 범위는 57~35,261명이었고, 연구대상자의 평균 연령은 50대인 연구가 1편(Shorr et al., 2012), 60대 1편(Baker et al., 2016), 70와 80대인 연구가 7편(Ang et al., 2011; Drahota et al., 2013; Haines et al., 2011; Hill et al, 2015; Park et al., 2019; Park, 2021; Visvanathan et al., 2022)이었다. 그리고 4편의 연구(Dykes et al., 2010; Haines et al., 2010; Hardin et al., 2013; Sahota et al., 2014)에서는 대상자의 평균연령을 제시하지 않았다. 낙상 예방 중재가 이루어진 병동은 노인 병동이

5편(Drahota et al., 2013; Park et al., 2019; Park, 2021; Sahota et al., 2014; Visvanathan et al., 2022), 내·외과 병동이 3편(Ang et al., 2011; Dykes et al., 2010; Hardin et al., 2013), 급성기 병동 2편(Baker et al., 2016; Haines et al., 2011), 그리고 모든 병동을 포함한 연구가 2편(Haines et al., 2010; Shorr et al., 2012), 그리고 재활병동이 1편(Hill et al., 2015)이었다. 중재 적용 기간은 약 3개월에서부터 26개월로 다양하였다.

낙상 위험도를 Morse Fall Scale을 사용하여 측정된 연구는 4편(Dykes et al., 2010; Hardin et al., 2013; Park et al., 2019; Park, 2021)이었으며 Ang 등(2011)은 Hendrich score를 사용하여 낙상 위험도를 측정하였다. 이외의 연구들은 낙상 위험도 측정에 대하여 구체적으로 언급하지 않았다. 3편의 연구(Haines et al., 2011, Hardin et al., 2013, Hill et al., 2015)에서는 인지 기능 수준을 대상자 선정기준에 적용하였으며 1편(Ang et al., 2011)에서는 낙상 위험도를 선정기준에 사용하였다. 또한 Visvanathan 등(2022)은 65세 이상으로 대상자의 연령을 구체적으로 제한하였다(Table 1).

본 네트워크 메타분석에 포함된 낙상예방 중재를 분류하면, 5편에서 환자에게 개별화된 낙상 예방교육을 중재로 적용하였다(Ang et al., 2011; Haines et al., 2011; Hill et al., 2015; Park et al., 2019; Park, 2021). 3편의 연구에서는 환자의 낙상을 예방하기 위하여 환자의 움직임을 감지하는 센서를 침대 또는 휠체어 등에 사용하였다(Hardin et al., 2013; Sahota et al., 2014; Shorr et al., 2012). 2편의 연구에서는 다양한 낙상예방 중재를 통합하여 적용하였다(Baker et al., 2016; Dykes et al., 2010). 2편의 연구에서는 병동 바닥재의 변경 또는 침대 높이의 조정 등 병동 환경을 개선하는 중재를 적용하였다(Drahota et al., 2013; Haines et al., 2010). 마지막으로 이 연구들에서는 병동에서 평상시에 일반적으로 적용하던 중재를 기준 중재로 사용하였다.

## 2. 연구대상 논문의 질 평가 및 출판 편향 평가

본 연구에 포함된 13편의 논문 중 10편은 RCT, 3편은 Non-RCT로 질 평가 결과는 부록 1과 같다. 평가 결과, High quality (++) 4편(Ang et al., 2011; Baker et al., 2016; Haines et al., 2011; Hill et al., 2015), Acceptable quality (+) 8편(Drahota et al., 2013; Dykes et al., 2010; Haines et al., 2010; Hardin et al., 2013; Park et al., 2019; Park, 2021; Sahota et al., 2014; Shorr et al., 2012), Low quality (-) 1편(Visvanathan et al., 2022)으로 나타났다. 6편을 제외한 과반수의 연구에서 중재의

특성상 연구대상자 눈가림이 불가능하였다(Drahota et al., 2013; Dykes et al., 2010; Haines et al., 2010; Hardin et al., 2013; Park, 2021; Sahota et al., 2014; Visvanathan et al., 2022). Low quality로 평가된 1편의(Visvanathan et al., 2022) 논문은 non-RCT 연구였고 무작위배정 절차가 적절히 기술되지 않았으며 배정 은폐 및 대상자 눈가림에 대한 설명이 발견되지 않았으므로 선택 편중의 발생가능성이 있을 것으로 생각되나, 본 연구의 포함기준에 위배되지 않으며 질 평가에 사용한 도구가 RCT 연구를 위한 도구임을 고려하여 본 연구에 포함하였다(Appendix 1).

시각적 출판 편향은 Funnel plot을 사용하여 확인하였다. 부록 2에서 보이는 것과 같이, 비교적 대칭을 이루고 있으므로 출판 편향은 유의하지 않은 것으로 보인다.

## 3 낙상예방 중재의 낙상발생에 대한 효과 크기

### 1) 네트워크 Plot

네트워크 plot Figure 2-A, Figure 2-B에 따르면 입원 환자의 낙상 발생 및 낙상 관련 상해를 예방하기 위한 중재들은 개별화된 낙상 예방 교육, 낙상예방 센서 적용, 낙상예방 통합중재, 그리고 환경 개선 중재로 분류되었으며 각 중재들은 기준 중재와 직접 비교되었다. 또한 각 중재들의 간접비교는 기준 중재를 통한 보정된 간접비교로 이루어졌다. 본 연구에서 직접비교와 간접비교가 모두 포함된 혼합비교는 없는 것으로 나타났다.

네트워크 plot의 각 node는 각각의 중재를 나타내며 각 node를 연결하는 선(edge)의 굵기는 각 비교에 포함된 데이터의 양을 나타낸다(Shim, 2019). 개별화된 낙상예방 교육의 데이터 양이 낙상 발생 예방과 낙상 관련 상해 발생 예방에 대한 중재 효과를 분석하기 위하여 사용된 데이터 중 비교적 많은 것으로 나타났다(Shim, 2019).

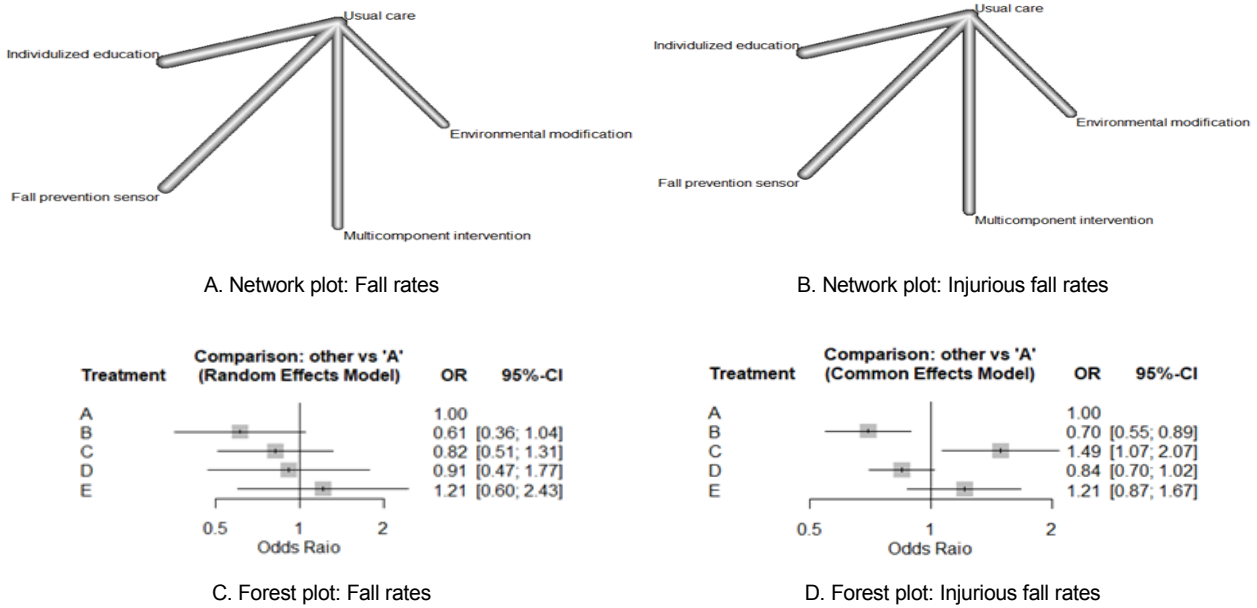
### 2) 낙상예방 프로그램의 낙상 발생률에 대한 효과 크기

입원 환자의 낙상 발생을 예방하기 위한 프로그램 중 환자 및 보호자의 개인적 특성에 맞추어 실시되는 개별화된 낙상예방 교육은 OR=0.61 (95% CI: 0.36~1.04), 낙상예방 센서를 이용한 낙상예방은 OR=0.82 (95% CI: 0.51~1.31), 낙상예방 통합 중재는 OR=0.91 (95% CI: 0.47~1.77), 그리고 낙상예방을 위한 병동의 환경 개선은 OR=1.21 (95% CI: 0.60~2.43)으로 4종류의 낙상예방 중재 모두 낙상예방을 위하여 병동에 적용되는 기준 중재와 비교하여 낙상 발생 예방 효과가 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다(Figure 2-C).

**Table 1.** Descriptive Summary of Included Studies

Author (year)	Country	Study design	Sample size (n)	Mean age	Fall rate	Injurious fall rate	Intervention	Categorized	Screening	Setting	Study period
Dykes et al. (2010)	USA	RCT	Exp. (5,160) Cont. (5,104)	-	71 89	7 9	Fall prevention tool kit UC	MCI Usual care	MFS	8 medical units in 4 hospitals	6 months
Haines et al. (2010)	Australia	RCT	Exp (6,113) Cont. (4,986)		186 114	85 51	Low-low bed UC	EM Usual care	None	18 hospital wards	6 months
Ang et al. (2011)	Singapore	RCT	Exp. (910) Cont. (912)	70.3±14.2 69.7±14.7	4 14	3 5	Targeting edu. + UC UC	IE Usual care	Hendrich score ≥ 5	8 medical wards	8 months
Haines et al. (2011)	Australia	RTC	Exp1 (401) Exp2 (424) Cont. (381)	75.3±11.0 74.7±11.7 75.3±10.1	70 96 81	32 40 25	Edu. + 1 to 1 f/u + UC Edu. + UC UC	IE Usual care Usual care	SPMSQ 24	Acute or subacute wards in 2 hospitals	19 months
Drahota et al. (2013)	England	pilot cRTC	Exp. (225) Cont. (223)	81.1±11.0 80.6±12.0	35 33	8 14	Thicker floor Usual floor	EM Usual care	None	8 geriatric wards in 8 hospitals	14 months
Hardin et al. (2013)	USA	RCT	Exp. (4,481) Cont. (2,961)		84 101	1 3	Care view (Nurse view + Virtual bed rails)+ UC UC	FPS Usual care	Intact cognitive function	Medical-surgical units in 10 hospitals	6 months
Shorr et al. (2012)	USA	RTC	Exp. (16,911) Cont. (10,761)	59.3±16.8 59.6±17.3	315 408	- -	Alarm system+ Usual care Usual care	Fall prevention sensor Usual care	None	16 units	15 months
Sahota et al. (2014)	UK	RTC	Exp. (921) Cont. (918)		85 83	24 16	Bed and bedside chair pressure sensor+ UC UC	FPS Usual care	None	3 geriatric wards	26 months
Hill et al. (2015)	Australia	RCT	Exp. (1,623) Cont. (1,983)	81.4±9.3 82.1±8.3	196 380	66 131	Safe recovery program (edu.) + UC UC	IE Usual care	MMSE ≥ 23/30 or AMTS ≥ 7/10	8 rehabilitation units	50 weeks
Baker et al. (2016)	Australia	RCT	Exp. (17,698) Cont. (17,566)	68 (51~80) <sup>†</sup> 67 (51~79) <sup>†</sup>	937 894	196 229	6~PACK UC	MCI Usual care	A nine item fall risk tool	24 acute wards in 6 hospitals	12 months
Park et al. (2019)	South Korea	non-RCT	Exp. (53) Cont. (45)	79.7±8.0 81.4±6.4	8 6	2 3	FPP based in King's goal attainment theory UC	IE Usual care	MFS	3 geriatric hospitals	3 months
Park (2021)	South Korea	non-RCT	Exp. (27) Cont. (30)	78.8±9.5 78.8±10.6	2 3	- -	FPP based on King's goal attainment theory UC	IE Usual care	MFS	Geriatric hospitals	8 weeks
Visvanathan et al. (2022)	Australia	non-RCT (step-wedge)	Exp. (1,244) Cont. (1,995)	84.0±7.9 81.9±8.3	130 128	50 52	Alarm system+ UC UC	FPS Usual care	≥ 65 years old	3 geriatric wards	103 weeks

Cont.=Control; Edu.=education; EM=Environmental modification; Exp.=Experimental; MFS=Morse Fall Scale; FPP=Fall prevention program; FPS=Fall prevention sensor; IE=Individualized education; MCI=Multi-component intervention; MMSE=Mini-Mental State Examination; RCT=Randomized Controlled Trial; SPMSQ=Short Portable Mental Status Questionnaire; UK=United Kingdom; UC=Usual care; USA=United States of America; <sup>†</sup>Median range.



A=Usual care; B=Individualized educations; C=Fall prevention sensor; D=Multicomponent intervention; E=Environmental modification.

**Figure 2.** Network plots and forest plots for fall rates and injurious fall rates.

**3) 낙상예방 프로그램의 낙상 관련 상해 발생에 대한 효과 크기**

입원 환자의 낙상 관련 상해 발생을 예방하기 위한 프로그램 중 환자 및 보호자의 개인적 특성에 맞추어 실시되는 낙상예방 교육은 OR=0.70 (95% CI: 0.55~0.89)으로 병동에서 일반적으로 적용되는 기준중재보다 낙상 관련 상해발생을 예방하는데 통계적으로 유의하였다. 또한 기준중재의 적용은 낙상예방 센서를 이용한 중재보다(OR=1.49, 95% CI: 1.07~2.07) 낙상 관련 상해 발생을 예방하는데 통계적으로 유의하게 나타났다. 이외에 낙상예방 통합 중재(OR=0.84, 95% CI: 0.70~1.02)와 낙상예방을 위한 병동의 환경 개선은(OR=1.21, 95% CI: 0.87~1.67) 기준 중재와 비교시 낙상 관련 상해 발생의 예방에 있어 통계적으로 유의하지 않았다(Figure 2-D).

**4. 낙상 예방 중재의 비교우위 선정**

**1) 낙상 예방 중재의 낙상 발생 예방 효과에 대한 비교우위 선정**

네트워크 메타분석에 결과에 따른 낙상예방 중재의 낙상 발생을 예방하기 위한 중재 간의 비교우위는 개인적 특성에 맞추어 실시되는 낙상예방 교육(P-Score 87.8%)이 가장 높은 순위로 나타났다. 다음은 낙상예방 센서를 이용한 낙상예방 중재(P-Score 60.9%), 낙상예방 통합 중재(P-Score 47.4%) 그리고 병동의 일반적인 낙상예방 기준중재(P-Score 33.2%)의 순위

였으며 마지막으로 낙상예방을 위한 환경 개선(P-Score 20.7%) 순으로 나타났다(Table 2).

**2) 낙상예방 중재의 낙상 관련 상해 예방 효과에 대한 비교우위 선정**

네트워크 메타 분석에 결과에 따른 낙상예방 중재의 낙상 관련 상해를 예방하기 위한 중재 간의 비교우위에서도 개인적 특성에 맞추어 실시되는 낙상예방 교육이 가장 효과적이며(P-Score 97.1%) 두 번째는 낙상 예방 통합 중재였다(P-Score 76.0%). 다음은 기준 중재(P-Score 47.6%), 낙상 예방을 위한 환경 개선(P-Score 24.2%)의 순서로 효과가 있는 것으로 나타났다. 입원 환자의 낙상 관련 상해를 예방하기 위하여 가장 낮은 효과로 나타난 중재는 낙상 예방을 위한 센서 사용이었다(P-Score 5.1%)(Table 3).

**논 의**

본 연구에서는 성인 입원 환자를 위한 4가지 낙상예방 중재(개별화된 낙상예방 교육, 낙상예방 센서 설치, 병동 환경 개선, 통합중재)의 낙상발생률과 낙상 관련 상해발생률에 대한 효과의 비교우위를 결정하기 위하여 문헌검색을 통해 선정된 13개, 11개의 문헌을 각각 대상으로 네트워크 메타분석을 실시하였

**Table 2.** Result of Rank Test for Fall Prevention Intervention: Fall Rates

Intervention rank	Intervention name	P-score (%)
1st	Individualized educations	87.8
2nd	Fall prevention sensor	60.9
3rd	Multicomponent intervention	47.4
4th	Usual care	33.2
5th	Environmental modification	20.7

다. 연구결과, 낙상발생률에 대한 효과에서는 기준 중재와 비교 시 4가지 중재들 모두 통계적으로 유의한 효과를 나타내지 않았다. 이는 선정된 연구들의 기준 중재 즉, 병원에서 일반적으로 입원 환자들에게 제공되는 낙상중재에 낙상예방 교육이 모두 포함되었으며, 추가적으로 미끄럽지 않은 슬리퍼 착용 또는 알람 사용 등(Barker et al., 2016) 실험 중재들의 내용과 일부 중복되는 경우도 있어 유의한 OR를 나타내지 못한 것으로 보인다. 중재들의 비교우위 분석에서는 개별화된 낙상예방 교육이 가장 높은 순위로 나타났으며, 낙상예방을 위한 환경개선(두꺼운 바닥재 사용, 낮은 높이의 침상 사용)(Drahot a et al., 2013; Haines et al., 2010)은 가장 낮은 순위를 보여 기준중재보다도 낮은 순위였다.

개별화된 낙상 교육 중재는 많은 선행연구에서 효과적으로 낙상 발생을 감소시키는 것으로 보고되어왔다(Heng et al., 2020). 낙상 예방 교육은 환자를 대상으로 또는 의료진을 대상으로 실시될 수 있는데 본 연구에서는 환자 대상 교육 중재 문헌만이 포함되었다. 환자 대상 낙상예방 교육내용에는 약물 관리, 환경 개선(environmental modification), 보조 기구의 사용, 병원 체계와 정책, 그리고 환자 본인의 낙상 위험을 스스로 관리할 수 있도록 하는 교육 등이 포함된다(Heng et al., 2020). 많은 병원의 입원 환자들이 본인의 낙상 위험도를 실제와 다르게 평가하거나 병원 입원했다는 사실에 안도하여 낙상이 발생한다고 보고되었다(Haines, Lee, O'connell, McDermott, & Hoffmann, 2015; Shuman et al., 2016). 따라서 본 연구에 포함된 5편의 낙상 교육 중재에는 먼저 낙상위험도 평가를 이용하여 환자들에게 개별적인 낙상 위험요인을 인지하도록 하고 입원기간 동안 개별화된 낙상예방 전략을 교육하는 내용이 포함되었다. 낙상예방 교육 중재는 기준중재와 비교했을 때 통계적으로 유의한 낙상발생률 감소는 보이지 않았으나 낙상에 따른 상해발생률은 유의하게 낮은 것으로 나타나 낙상 관련 환자 안전을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

**Table 3.** Result of Rank Test for Fall Prevention Intervention: Injurious Fall Rates

Intervention rank	Intervention name	P-score (%)
1st	Individualized educations	97.1
2nd	Multicomponent intervention	76.0
3rd	Usual care	47.6
4th	Environmental modification	24.2
5th	Fall prevention sensor	5.1

반면, 센서 이용 중재는 기준중재와 비교 시 낙상발생률에서 유의한 차이가 없었으나, 낙상으로 인한 상해발생률은 오히려 보다 높게 나타났다. 결과적으로 기준중재를 포함한 5가지 중재 중 가장 낮은 중재의 효과 순위를 보였다. 본 연구에 포함된 센서 이용 중재연구에서는 병실 내 웹캠을 이용한 환자 감시(Hardin et al., 2013), 침상(Shorr et al., 2012) 또는 환자의 흉부(Visvanathan et al., 2022)에 센서를 부착하여 낙상을 초래할 수 있는 환자의 위험한 움직임을 모니터링함으로써 간호사의 빠른 개입을 유도함으로써 낙상 발생을 예방하고자 하였다. 세 연구에서 공통적으로 낙상발생률에서는 대조군과 유의한 차이가 없었다. Morris 등(2022)이 실시한 병원 낙상 예방 중재의 효과에 대한 메타분석에서도 장비를 이용한 중재는 낙상발생률에서 대조군과 유의한 차이가 없었다. 이렇듯 센서 사용 중재는 낙상예방 효과는 유의하지 않았던 반면 많은 제한점이 보고되었는데, 웹캠을 이용한 모니터링 중재의 경우 환자의 프라이버시 관련 우려로 인해 연구참여 동의율이 매우 낮았으며(Hardin et al., 2013), 침상 또는 센서 부착 중재의 경우 빈번한 센서의 오작동 또는 지연된 알람으로 인해 간호사들이 오히려 알람을 무시하거나 환자에게 뒤늦게 중재를 제공함으로써 낙상으로 인한 상해 발생이 증가할 수 있다고 하였다(Visvanathan et al., 2022). 한편, 이러한 웹캠 또는 센서의 사용은 간호사들의 부담을 증가시킬 수 있다는 우려가 제기되었다. 즉 센서 이용 시 간호사들은 지속적으로 환자의 움직임을 모니터링해야 하므로 업무 부담이 증가되며, 웹캠은 환자뿐만 아니라 간호행위에 대한 모니터링도 포함되므로 간호사들의 적극적인 참여가 제한적일 수 있다(Hardin et al., 2013). 따라서 환자의 안전과 사생활을 보장하고 간호사의 업무 부담을 경감시킬 수 있는 장비 사용 전략의 개발이 필요하다.

2가지 이상의 중재 구성요소를 통합하여 적용한 중재의 사용이 낙상예방 관련 가이드라인에서 권고되고 있으며(Montero-Odasso et al., 2022), 급성기 의료기관 입원 환자 대상 소



규모 RCT 연구에 대한 메타분석(Miake-Lye, Hempel, Ganz, & Shekelle, 2013) 및 최근 통합중재의 효과를 검증한 유사실험연구에서는(Dykes et al., 2020) 낙상발생률이 유의하게 감소되었음이 보고되었다. 그러나 본 연구결과, 낙상발생률뿐만 아니라 낙상으로 인한 상해발생률에 대하여 기준중재와 비교 시 유의한 효과가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Morris 등(2022)이 실시한 최근 메타분석 결과와도 일치한다. 그러나 본 연구에 포함된 통합중재는 2편에 불과하며 각 중재의 구성요소가 현저히 다르고, 선행 메타분석 및 실험연구 또한 유사한 문제점을 가지고 있으므로 향후 대규모 환자를 대상으로 유사한 구성요소로 이루어진 통합중재의 효과 검증 연구가 실시될 필요가 있다.

본 연구의 제한점은 분석에 포함된 중재의 종류가 다양한 반면, 분석 대상 연구의 개수가 적은 편이었으므로 연구결과의 일반화가 어렵다는 점이 있다. 그러나 의료기관의 입원 환자에 대한 4종류의 낙상예방중재의 효과에 대한 비교우위 분석이 본 연구에서 처음 실시되었다는 점에서 의의가 있다고 볼 수 있다. 마지막으로 연구의 질 평가 결과, 약 92.3%(n=12)의 연구에서 수용가능한(acceptable) 수준 이상으로 나타나 비교적 편향 위험이 적은 양질의 연구들로 평가되었으나, 한 편의 연구(Visvanathan et al., 2022)에서는 무작위배정 절차에 대한 기술을 발견할 수 없었고, 실험군, 대조군 배정에 대한 은폐가 실시되지 않아 높은 선택 편중 위험에 의해 연구결과가 영향을 받을 수 있을 것으로 평가되었다. 또한 과반수의 연구에서 중재의 특성상 연구대상자에 대한 눈가림이 불가능하였다. 그러므로 향후 엄격한 RCT 연구가 보다 활발히 수행될 필요가 있겠다.

## 결론

병원 입원 환자의 낙상예방을 위한 4종류의 중재에 대한 네트워킹 메타분석 결과, 낙상발생률 감소는 기준중재와 비교 시 유의한 차이가 없었다. 중재간 비교우위 분석에서는 개별화된 낙상 교육 중재가 가장 높은 순위를 차지하였으며, 이후 센서 이용, 낙상예방 통합 중재, 기준 중재, 환경 개선 중재 순이었다. 낙상에 따른 상해발생률에서는 개별화된 교육중재가 가장 효과적이었던 반면, 센서 이용 중재는 기준 중재보다 오히려 유의하게 높은 상해발생률을 나타냈다. 낙상에 따른 상해 발생률 감소 효과에 대한 중재간 비교우위 분석에서는 개별화된 낙상교육 중재가 가장 높은 순위를 나타냈으며, 이후 통합 중재, 기준 중재, 환경 개선, 센서 이용 중재 순이었다. 따라서 본 연구를 통하여 임상현장에서 간호사들이 입원 환자를 위해 가장 효과적

인 낙상예방 중재를 선택할 수 있는 근거가 마련되었다고 볼 수 있다.

연구결과를 바탕으로, 병원 입원 환자의 낙상발생률 감소를 위해서는 환자 개별 낙상 위험요인을 먼저 평가하여 이를 근거로 개별화된 낙상예방교육을 지속적으로 실시해야 할 것이며, 센서 이용 중재의 경우 기기의 오작동 발생률을 낮추고 간호사들의 업무 부담을 완화시킬 수 있는 방안을 개발 및 적용함으로써 보다 효과적으로 환자들의 낙상을 예방할 수 있을 것이다.

## CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflicts of interest.

## ORCID

Kang, Hyunwook

<https://orcid.org/0000-0003-0222-1184>

Ko, Ji Woon

<https://orcid.org/0000-0003-4349-5608>

## REFERENCES

- Ang, E., Mordiffi, S. Z., & Wong, H. B. (2011). Evaluating the use of a targeted multiple intervention strategy in reducing patient falls in an acute care hospital: A randomized controlled trial. *Journal of Advanced Nursing*, 67(9), 1984-1992. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2011.05646.x>
- Barker, A. L., Morello, R. T., Wolfe, R., Brand, C. A., Haines, T. P., Hill, K. D., et al. (2016). 6-PACK programme to decrease fall injuries in acute hospitals: Cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal (Online)*, 352. <https://doi.org/10.1136/bmj.h6781>
- Beck, B., Smith, K., Mercier, E., Gabbe, B., Basset, R., Mitra, B., et al. (2019). Differences in the epidemiology of out-of-hospital and in-hospital trauma deaths. *The Public Library of Science* 14(6), e0217158. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217158>
- Cho, J. H. (2020). Theory and practice of meta-analysis. *Journal of Rhinology*, 27(2), 83-89. <https://doi.org/10.18787/jr.2020.00320>
- Cho, M. S., & Lee, H. Y. (2017). Factors associated with injuries after inpatient falls in a tertiary hospital. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*, 23(2), 202-210. <https://doi.org/10.22650/JKCNr.2017.23.2.202>
- Drahota, A. M., Kward, D., Udell, J. E., Soilemezi, D., Ogollah, R., Higgins, B., et al. (2013). Pilot cluster randomised controlled trial of flooring to reduce injuries from falls in wards for older people. *Age and Ageing*, 42(5), 633-640. <https://doi.org/10.1093/ageing/aft066>
- Dykes, P. C., Burns, Z., Adelman, J., Benneyan, J., Bogaisky, M., Carter, E., et al. (2020). Evaluation of a patient-centered fall-

- prevention tool kit to reduce falls and injuries: A nonrandomized controlled trial. *The Journal of the American Medical Association*, 3(11), e2025889.  
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.25889>
- Dykes, P. C., Carroll, D. L., Hurley, A., Lipsitz, S., Benoit, A., Chang, F., et al. (2010). Fall prevention in acute care hospitals: A randomized trial. *The Journal of the American Medical Association*, 304(17), 1912-1918.  
<https://doi.org/10.1001/jama.2010.1567>
- Haines, T. P., Bell, R. A. R., & Varghese, P. N. (2010). Pragmatic, cluster randomized trial of a policy to introduce low-low beds to hospital wards for the prevention of falls and fall injuries. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(3), 435-441. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.02735.x>
- Haines, T. P., Hill, A., Hill, K. D., McPhail, S., Oliver, D., Brauer, S., et al. (2011). Patient education to prevent falls among older hospital inpatients: A randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 171(6), 516-524.  
<https://doi.org/10.1001/archinternmed.2010.444>
- Haines, T. P., Lee, D. C. A., O'Connell, B., McDermott, F., & Hoffmann, T. (2015). Why do hospitalized older adults take risks that may lead to falls?. *Health Expectations*, 18(2), 233-249.  
<https://doi.org/10.1111/hex.12026>
- Halm, M. A., & Quigley, P. A. (2011). Reducing falls and fall-related injuries in acutely and critically ill patients. *American Journal of Critical Care*, 20(6), 480-484.  
<https://doi.org/10.4037/ajcc2011606>
- Hardin, S. R., Dienemann, J., Rudisill, P., & Mills, K. K. (2013). Inpatient fall prevention: Use of in-room webcams. *Journal of Patient Safety*, 9(1), 29-35.  
<https://doi.org/10.1097/PTS.0b013e3182753e4f>
- Heng, H., Jazayeri, D., Shaw, L., Kiegaldie, D., Hill, A. M., & Morris, M. E. (2020). Hospital falls prevention with patient education: a scoping review. *British Medical Journal Geriatrics*, 20, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01515-w>
- Hester, A. L., Tsai, P. F., Rettiganti, M., & Mitchell, A. (2016). Predicting injurious falls in the hospital setting: implications for practice. *The American Journal of Nursing*, 116(9), 24-31.  
<https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000494688.10004.85>
- Hill, A., McPhail, S. M., Waldron, N., Etherton-Beer, C., Ingram, K., Flicker, L., et al. (2015). Fall rates in hospital rehabilitation units after individualised patient and staff education programmes: A pragmatic, stepped-wedge, cluster-randomised controlled trial. *The Lancet*, 385(9987), 2592-2599.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61945-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61945-0)
- Kim, S. J., & Lee, Y. M. (2014). Falls risk factors of elderly inpatients. *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 16(4), 2191-2203.
- LeLaurin, J. H., & Shorr, R. I. (2019). Preventing falls in hospitalized patients: state of the science. *Clinics in Geriatric Medicine*, 35(2), 273-283.  
<https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.01.007>
- Miake-Lye, I. M., Hempel, S., Ganz, D. A., & Shekelle, P. G. (2013). Inpatient fall prevention programs as a patient safety strategy: A systematic review. *Annals of Internal Medicine*, 158(5\_Part\_2), 390-396.
- Montero-Odasso, M., Van Der Velde, N., Martin, F. C., Petrovic, M., Tan, M. P., Ryg, J., et al. (2022). World guidelines for falls prevention and management for older adults: A global initiative. *Age and Ageing*, 51(9), afac205.  
<https://doi.org/10.1093/ageing/afac205>
- Morris, M. E., Webster, K., Jones, C., Hill, A. M., Haines, T., McPhail, S., et al. (2022). Interventions to reduce falls in hospitals: a systematic review and meta-analysis. *Age and Ageing*, 51(5), afac077. <https://doi.org/10.1093/ageing/afac077>
- Park, B. (2021). Development and effect of a fall prevention program based on king's theory of goal attainment in long-term care hospitals: An experimental study. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 9(6), 715.  
<https://doi.org/10.3390/healthcare9060715>
- Park, B., Ryu, H. S., Kwon, K. E., & Lee, C. Y. (2019). Development and effect of a fall prevention program based on the King's Goal Attainment Theory for fall high-risk elderly patients in long-term care hospital. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 49(2), 203-214.  
<https://doi.org/10.4040/jkan.2019.49.2.203>
- Ruchinskas, R. (2003). Clinical prediction of falls in the elderly. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 82(4), 273-278.  
<https://doi.org/10.1097/01.phm.0000056990.35007.c8>
- Sahota, O., Drummond, A., Kendrick, D., Grainge, M. J., Vass, C., Sach, T., et al. (2014). REFINE (REDucing falls in in-patienT elderly) using bed and bedside chair pressure sensors linked to radio-pagers in acute hospital care: A randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 43(2), 247-253.  
<https://doi.org/10.1093/ageing/aft155>
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network. (2021). *Methodology checklist: Randomised controlled trials*. Retrieved from: <https://www.sign.ac.uk/what-we-do/methodology/checklists/>.
- Shim, S. R. (2019). *R meta-analysis for medicine and public health researchers*. Seoul: Hannarea.
- Shorr, R. I., Chandler, A. M., Mion, L. C., Waters, T. M., Liu, M., Daniels, M. J., et al. (2012). Effects of an intervention to increase bed alarm use to prevent falls in hospitalized patients: A cluster randomized trial. *Annals of Internal Medicine*, 157(10), 692-699.  
<https://doi.org/10.7326/0003-4819-157-10-201211200-00005>
- Shuman, C., Liu, J., Montie, M., Galinato, J. G., Todd, M. A., Hegstad, M., et al. (2016). Patient perceptions and experiences

with falls during hospitalization and after discharge. *Applied Nursing Research*, 31, 79-85.

<https://doi.org/10.1016/j.apnr.2016.01.009>

Visvanathan, R., Ranasinghe, D. C., Lange, K., Wilson, A., Dollard, J., Boyle, E., et al. (2022). Effectiveness of the wearable sen-

sor-based ambient intelligent geriatric management (AmbIGeM) system in preventing falls in older people in hospitals. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 77(1), 155-163.

<https://doi.org/10.1093/gerona/qlab174>

Appendix 1. Quality Appraisal

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Ang 2011	+	+	+	+	+	+	+
Barker 2016	+	+	+	?	+	+	+
Drahota 2013	+	+	-	?	+	+	+
Dykes 2010	+	?	-	?	+	+	+
Haines 2010	+	+	-	?	+	+	+
Haines 2011	+	+	+	+	+	+	+
Hardin 2013	+	-	?	+	+	+	+
Hills 2015	+	+	+	?	+	+	+
Park 2019	-	-	?	?	+	+	+
Park 2021	-	?	+	-	+	+	+
Sahota 2014	+	?	-	?	+	+	+
Shorr 2013	+	?	+	?	+	+	+
Visvanath 2021	-	-	-	-	+	+	+

Appendix 2. Funnel Plot

