

입원 환자에서 STRATIFY의 예측 타당도 메타분석

박성희¹ · 최윤경² · 황정해³

순천향대학교 간호학과¹, 한국방송통신대학교 간호학과², 한양사이버대학교 보건행정학과³

Predictive Validity of the STRATIFY for Fall Screening Assessment in Acute Hospital Setting: A meta-analysis

Park, Seong-Hi¹ · Choi, Yun-Kyoung² · Hwang, Jeong-Hae³

¹Department of Nursing, Soonchunhyang University, Cheonan

²Department of Nursing, Korea National Open University, Seoul

³Department of Health Administration, Hanyang Cyber University, Seoul, Korea

Purpose: This study is to determine the predictive validity of the St. Thomas Risk Assessment Tool in Falling Elderly Inpatients (STRATIFY) for inpatients' fall risk. **Methods:** A literature search was performed to identify all studies published between 1946 and 2014 from periodicals indexed in Ovid Medline, Embase, CINAHL, KoreaMed, NDSL and other databases, using the following key words; 'fall', 'fall risk assessment', 'fall screening', 'mobility scale', and 'risk assessment tool'. The QUADAS- II was applied to assess the internal validity of the diagnostic studies. Fourteen studies were analyzed using meta-analysis with MetaDisc 1.4. **Results:** The predictive validity of STRATIFY was as follows; pooled sensitivity .75 (95% CI: 0.72~0.78), pooled specificity .69 (95% CI: 0.69~0.70) respectively. In addition, the pooled sensitivity in the study that targets only the over 65 years of age was .89 (95% CI: 0.85~0.93). **Conclusion:** The STRATIFY's predictive validity for fall risk is at a moderate level. Although there is a limit to interpret the results for heterogeneity between the literature, STRATIFY is an appropriate tool to apply to hospitalized patients of the elderly at a potential risk of accidental fall in a hospital.

Key Words: Accidental falls, Sensitivity, Specificity, Meta-analysis

서 론

1. 연구의 필요성

의료기관에서의 낙상은 심각한 위해를 발생시키는 환자안전사고 중의 하나로[1,2], 미국의 경우 2006년부터 4년간 수집된 국립 간호질지표데이터베이스(National Database of Nurs-

ing Quality Indicators) 자료에 따르면, 일 재원 환자 수 1,000명당 평균 3.65건의 낙상발생이 보고되고 있다[3]. 우리나라의 경우 낙상에 대한 국가 통계는 없으나 일 병원에서 일 재원 환자 수 1,000명당 약 0.50건의 낙상발생을 보고한 바 있다. 이는 국내 입원 환자의 낙상발생이 다른 나라에 비해 낮다라기 보다는 낙상발생 보고체계와 환자안전문화에 대한 인식 부족으로 인해 과소보고(under-reporting)되었을 가능성이 높은 것으

주요어: 낙상, 민감도, 특이도, 메타분석

Corresponding author: Hwang, Jeong-Hae

Department of Health Administration, Hanyang Cyber University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 133-791, Korea.
Tel: +82-2-2290-0811, Fax: +82-2-2290-0603, E-mail: jeonghae.hwang@gmail.com

- 본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.
- This work was supported by the Soonchunhyang University Research Fund.

Received: Jul 27, 2015 / Revised: Oct 5, 2015 / Accepted: Oct 6, 2015

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

로 생각된다[4].

낙상을 경험하는 환자 중 약 30~35%는 심각한 장애와 사망으로 이어지기도 한다[1,5]. 미국 57개 의료기관의 퇴원 환자 자료를 분석한 연구[6]에 따르면, 낙상에 따른 합병증으로 재입원수가 6.3일 연장되고 환자 당 약 13,000 달러의 의료비용이 추가로 소요된다. 이에 미국 메디케어 메디케이드 서비스센터(Centers for Medicare & Medicaid Services)에서는 2008년부터 낙상으로 인한 외상에 대해 병원획득상병(hospital-acquired condition)으로 간주하고 의료기관에게 진료비 지불 보상을 제한하고 있다[7,8]. 2015년 1월 우리나라에서도 환자 안전법[9]이 제정됨에 따라 낙상과 같은 위해사건에 대한 환자 안전 사고보고시스템 구축과 환자안전지표 측정이 보다 강화될 것으로 예상된다.

낙상 사고를 예방하기 위해서는 입원시점에서 낙상 고위험 여부를 선별하여 낙상관리활동을 수행하는 것이 요구된다[8,10]. 이 과정에서 신뢰도와 타당도가 입증된 낙상위험사정도구를 사용함은 매우 중요하며, 국내외 의료기관 인증기준에서도 이를 강조하고 있다[11,12]. 그동안 다양한 유형의 낙상 위험사정도구가 낙상발생 환경의 차이에 따라 병원용(acute), 장기시설용(subacute), 주택거주자용(residential) 등으로 구별되어 개발되었다[13]. 병원 입원 환자를 대상으로 개발된 도구로는 1986년 미국에서 개발된 모오스 낙상도구(Morse Fall Scale)[14], 1990년 Schmid Fall Risk Assessment Tool[15], 1995년 Hendrich II Fall Risk Model[16], 1997년 영국에서 개발된 STRATIFY[a14], 2005년 존스 홉킨스 병원의 Johns Hopkins Hospital Fall Risk Assessment Tool[17] 등이 있다. 이러한 낙상도구들은 개발 국가에 따라 제한적으로 사용되는 경향을 보인다. 우리나라에는 모오스 낙상도구와 STRATIFY가 비교적 널리 알려져 있으며, 국내 보바스기념병원에서 제안한 낙상도구(Bobath Memorial Hospital Fall Risk Assessment Scale)도 사용되고 있다[18,19].

1997년 Oliver 등에 의해 개발되어 유럽이나 호주 및 캐나다 등에서 사용되는 STRATIFY는 낙상병력, 초조 및 흥분, 시각장애, 잦은 화장실 출입, 보행능력의 5개 항목으로 구성되어 있다. STRATIFY 도구의 타당성을 검증한 결과, STRATIFY의 민감도는 각각 93%와 92%로 매우 높았고, 특이도도 88%와 68%로 분석되어 낙상 고위험을 선별하는 도구로서의 조건을 충족하였다[a14].

입원 환자의 낙상 고위험 여부의 선별은 2016년 7월부터 시행되는 환자안전법과 관련하여 시급히 해결해야 할 중요 과제 중 하나이다. 의료기관은 노인 환자들이 증가하는 환경적

특성, 간호사의 업무량 등을 고려하여 낙상위험사정도구를 선택하는 것이 바람직하다[20]. STRATIFY는 모오스 낙상도구와 함께 가장 널리 연구된 도구로써 항목이 적고 간단하여 누구나 쉽게 도구 사용이 용이하다는 장점을 갖고 있다[8]. 특히 STRATIFY는 모오스 낙상도구보다 항목수가 적고 점수체계도 비교적 단순하다. 국내에서도 최근 STRATIFY의 검증을 시도한 바 있으며 민감도 84.4%, 특이도 73.5%로 나타나 모오스 낙상도구나 Hendrich II 낙상위험 사정도구보다 급성기 신경계 환자에서 가장 적절한 낙상위험 예측도구로 보고하였다. 또한 추후에 급성기 환자를 대상으로 한 검증이 필요하다고 제안하였다[a1]. 그러나 STRATIFY의 낙상위험 예측에 대한 메타분석 결과, 상대적으로 음성예측도는 높은 편이지만 양성예측도와 총 예측정확도는 낮게 나타나 낙상 고위험 환자를 예측하는데 적합하지 않을 수 있으며, 환자 특성과 입원장소에 따라 STRATIFY의 예측 결과가 다를 수 있음을 언급하였다[2].

따라서 본 연구에서는 진단법 평가연구결과를 중심으로 한 메타분석을 통해 입원 환자를 위해 개발된 낙상도구인 STRATIFY가 입원 환자의 낙상위험을 선별하는데 적용 가능한 도구인지 확인하고, 낙상위험 예측에 영향을 미치는 요인을 분석함으로써 STRATIFY의 효용성에 대한 과학적인 근거를 제시해 보고자 한다.

2. 연구목적

본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 입원 환자에게 시행된 STRATIFY 낙상위험사정도구의 예측정확도를 검증한다.
- STRATIFY 낙상위험사정도구의 예측정확도에 영향을 미치는 요인을 분석한다.

연구방법

1. 연구설계

본 연구는 STRATIFY 낙상위험사정도구의 낙상발생 예측의 진단정확도를 보고한 연구에 대한 메타분석 연구이다.

2. 문헌검색전략

본 연구는 코크란 연합에서 제공한 진단법 정확도에 대한 체계적 문헌고찰 핸드북[21]과 PRISMA (Preferred Reporting

Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 그룹이 제시한 체계적 문헌고찰 보고지침[22]에 따라 이루어졌다.

1) 문헌검토기준

(1) 연구유형

STRATIFY를 사용하여 전향적으로 낙상발생 예측의 정확성을 평가한 연구들을 포함하였다. 연구결과에서 민감도, 특이도만 제시하고 2×2 이원분류표를 작성하는데 충분한 진단 정확도 자료를 제공하지 않은 연구들은 제외하였다.

(2) 연구대상

급성기 병원에 입원하여 낙상위험여부를 평가받은 환자들을 대상으로 하였다.

(3) 시험진단법

STRATIFY 낙상위험사정도구를 대상으로 하였다. 낙상발생 위험여부의 판단은 총점 2점 이상일 때 낙상 고위험군으로 분류하였다.

(4) 참조표준검사

낙상 발생은 환자의 낙상 일기나 의료인 및 연구자의 관찰과 사건 보고서를 통해 1회 이상 낙상이 발생된 경우로 하였다.

(5) 진단정확도 결과

연구결과에서 진양성(true positive), 위양성(false positive), 위음성(false negative), 진음성(true negative) 값을 기술하고, 이를 통해 민감도, 특이도와 진단교차비를 비교분석하였다.

2) 문헌검색방법

(1) 전자데이터베이스 검색

전자 데이터베이스를 이용해 2014년 8월 30일에 검색이 이루어졌다. 국내는 KoreaMed, 국가과학기술정보센터(NDSL), 한국교육학술정보원(KERIS)을 이용하였고, 국외는 Ovid-Medline (1946년 1월부터 2013년 10월), Embase (1947년 1월부터 2013년 10월), Cochrane Library 및 CINAHL Complete를 이용하였다.

(2) 기타 문헌검색원

낙상 관련분야의 학술지가 모두 포함될 수 있도록 한국간호과학회, 기본간호학회, 성인간호학회, 지역사회간호학회, 간호

행정학회, 노인간호학회, 임상간호연구, 한국재활간호학회와 한국보건간호학회의 홈페이지에서 제공된 학술지를 검색하였다. 각 학회별 학술지는 다소 시차를 두고 홈페이지에 게시되므로 이를 감안하여 2014년 12월 14일에 검색하였다. 학술지 검색범위는 학술지 별로 창간호부터 검색당일까지 학회 홈페이지에 게시된 전체 문헌을 대상으로 포함하였다. 따라서 한국간호과학회의 대한간호학회지는 1970년부터, 한국보건간호학회지는 1987년부터, 성인간호학회지와 지역사회간호학회지는 1989년부터, 기본간호학회지는 1994년부터, 간호행정학회지와 임상간호연구는 1995년부터, 한국재활간호학회지는 1998년부터, 노인간호학회지는 1999년부터 포함되었다.

(3) 검색어

핵심질문에서 선택된 연구대상 및 진단법으로부터 주요 개념어를 도출하여 검색전략을 수립하였다. 국내 DB는 '낙상'과 '낙상도구' 및 'fall'을 이용하였고, 국외 DB는 욕창 관련 의학주제용어(Medical Subject Heading, MeSH) 및 주요 개념어를 통해 검색전략을 세웠다. 다만, Embase의 경우는 Em-tree를 확인하여 적용하였다. 사용된 검색어는 STRATIFY로 특정화하기 보다는 'fall risk assessment', 'fall screening', 'mobility scale', 'risk assessment tool'로 다소 넓게 검색하였으며, 각 단어의 형태에서 절단검색, 만능문자 및 인접연산자를 활용하였다. 진단법 평가 연구에 대해 검색필터(search filter)는 SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network)의 검색전략을 이용하였다.

3) 자료수집 및 분석

(1) 문헌선정기준

선택된 문헌은 STRATIFY를 이용하여 진양성, 위양성, 진음성, 위음성 결과를 보고한 진단법 평가 연구로서, 동료심사(peer-reviewed)를 거쳐 출판된 문헌이었다. 원저가 아니거나 낙상사정도구가 시험진단법이 아닌 연구, 혹은 진단법 평가 연구가 아니거나 진단정확도를 계산할 수 없는 연구 및 STRATIFY가 아닌 낙상위험사정 평가 연구는 제외하였다.

(2) 문헌선택과정

일차적으로 중복된 문헌을 제거하였고, 문헌의 제목과 초록을 검토하여, 정확한 판단이 곤란한 경우는 원문을 찾아 선택 및 배제기준을 통해 문헌을 구분하였다. 이 과정은 2명의 저자가 독립적으로 검토를 수행한 후 합의를 통해 결정하였고, 의견의 불일치가 있는 경우 제3자 개입의 원칙을 적용하였다.

(3) 문헌의 질 평가

두 명의 저자가 QUADAS-II (Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-II) 도구를 통해 독립적으로 평가하였다[23]. QUADAS-II는 진단법 평가 연구에 대한 질 평가 도구로 '편중의 위험(risk of bias)'과 '적용(applicability)'을 평가하게 된다. 평가항목으로 대상자 선택, 시험 진단법, 참고 표준검사와 과정 및 적시성(flow and timing)의 4개 영역이 포함된다.

(4) 자료추출 및 분석

근거표(evidence table) 기본 서식을 작성하여 시범적으로 서식의 적절성을 검토한 후 자료추출이 이루어졌다. 2명의 저자가 독립적으로 작성한 후 그 결과를 서로 교차 확인하였는데, 선택된 문헌의 연구유형, 연구장소, 연구기관 수, 연구 대상의 성별분포, 연령, 낙상발생 추적관찰기간, 낙상여부 판단기준, STRATIFY 조사자와 경계점수 및 낙상위험사정도구의 진단결과인 진양성, 위양성, 위음성, 진음성 값을 각각 기술하였다. 결과값에 대해 2×2 이원분류표를 작성하여, '2-way Contingency Table Analysis' 프로그램을 통해 민감도, 특이도 및 진단정확도와 각 항목의 95% 신뢰구간(95% confidence interval, 95% CI)을 도출하였다.

3. 통계적 분석과 자료 통합

메타분석은 MetaDiSc 1.4 프로그램을 이용하였다[24]. 진단법 메타분석에서 통합추정치를 분석하고자 하는 경우, 연구간 이질성을 반영하기 위해 임의효과모형(random effect model) 사용을 권고하므로[18] 통계적 모델에 대한 일반적인 원칙은 이를 기준으로 통합 민감도와 특이도, 양성 및 음성우도비와 진단교차비를 분석하였고, sROC 곡선 통계량은 곡선 아래면적(Area under the curve [AUC])과 index Q*값을 통해 검사 정확도를 산출하였다. AUC의 값은 비 정보적 검사(AUC=0.5인 경우), 덜 정확한 검사(0.5<AUC≤0.7), 중등도 검사(0.7<AUC≤0.9), 매우 정확한 검사(0.9<AUC<1), 완벽한 검사(AUC=1)로 구분하였다[25]. Index Q*는 ROC 곡선에서 민감도와 특이도의 동등점을 반영하는데 100% 정확할 때를 '1'로 판단하였다[26]. 연구들 간의 이질성(heterogeneity)의 존재여부는 우선 숲그림(forest plot)을 통해 신뢰구간 및 효과 추정치를 시각적으로 확인하였다. 또한 카이제곱 검정을 통해 Q통계량에 대해 유의성 검정을 시행하였고, 유의수준 5% 미만으로 Higgins의 I² 동질성 검사(I² test)로

수행하여 I²가 I²≤25%이면 이질성이 낮은 것으로, 25%<I²≤75%는 이질성이 중간정도인 것으로, I²>75% 이상은 이질성이 높다고 보았다[27].

연구결과

1. 문헌선택 결과

총 2,111개 문헌이 전자 데이터베이스를 통해 검색되었다. 국내의 경우 KoreaMed 32개, NDSL 12개, KERIS 69개였고, 국외의 경우는 Ovid-Medline 1,680개, Embase 185개, Cochrane Library 17개 및 CINAHL 116개이었다. 관련분야 학술지에서는 총 64개 문헌이 검색되었다. 대한간호학회지 20개, 노인간호학회지 13개, 기본간호학회지, 지역사회간호학회지와 한국보건간호학회지에서 각각 6개, 한국재활간호학회지 4개, 성인간호학회지와 임상간호연구 및 간호행정학회지에서 각각 3개씩 검색되었다.

우선 검색된 총 2,175개 문헌 중 중복된 문헌은 210개였다. 이를 제외한 1,965개 문헌을 토대로 제목 및 초록을 검토하여 핵심질문을 중심으로 구성된 선택 및 배제기준에 따라 선정하였으며, 121개 문헌은 원문을 찾아 선별하였다. 최종적으로 1,951개(99.3%) 문헌이 배제되고, 최종적으로 14개 문헌이 선택되었다. 문헌 선택 과정의 흐름도는 Figure 1과 같다.

2. 문헌의 질 평가 결과

최종적으로 선택된 14편의 문헌의 질 평가를 수행한 결과, 전체적으로 각 영역에 대해 편중의 위험이 '높음'으로 평가된 문헌은 하나도 없었다. 모든 영역과 항목에서 편중의 위험이 없다고 평가된 연구는 13편이었다. Barker 등의 연구[a3]에서 STRATIFY의 경계점수가 명시되지 않았고, Jester 등의 연구[a11]에서 대상자 선정이 편의추출 되어 환자선택에서 편중의 위험을 우려하였으나 다른 항목에서는 모두 편중의 위험이 낮게 판단되어 연구결과를 해석하는데 큰 영향을 주지 않았다. 따라서 선택된 문헌은 모두 질 평가 영역을 충족하는 질 높은 문헌이었다.

3. 선택된 문헌의 일반적 특성

STRATIFY의 예측타당도를 보고한 문헌은 총 14편으로 총 대상자는 12,811명이었다. 선택된 문헌들은 영국이 5편[a4,a9,

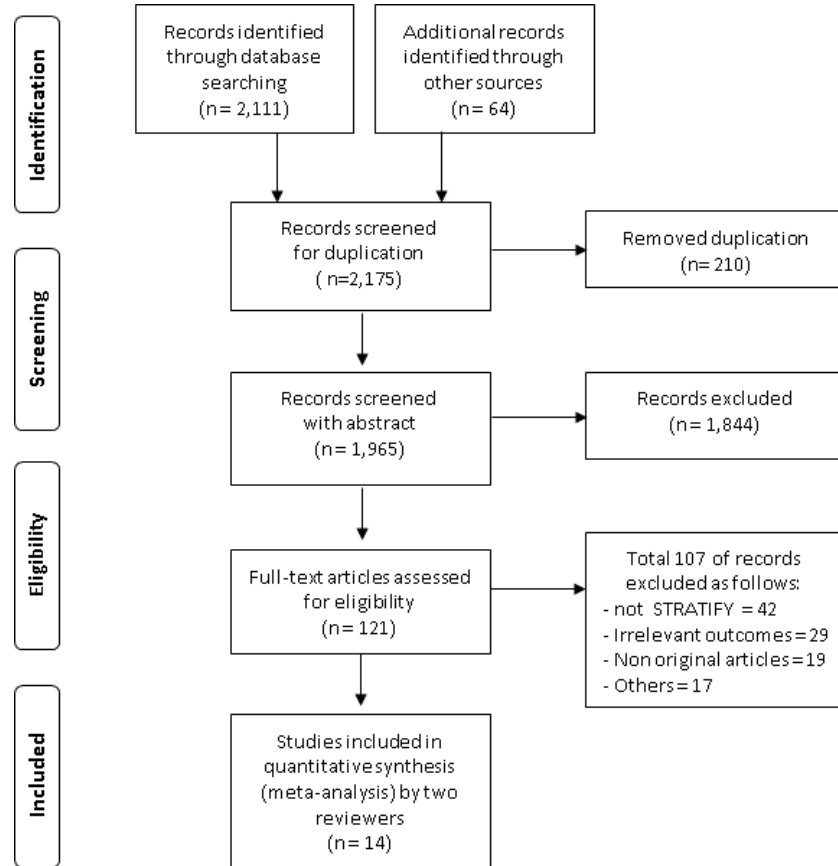


Figure 1. Flow diagram of article selection.

a10,a11,a14)으로 가장 많았고 호주가 3편[a3,a5,a8], 캐나다 2편[a12,a13]이었으며 독일[a2], 벨기에[a7], 싱가포르[a6], 한국[a1]이 각각 1편으로 주로 유럽을 중심으로 활발한 연구 경향을 나타냈다. 모두 전향적인 연구였고, 병원 입원 환자를 대상으로 한 연구였다. 7편[a1,a2,a4,a8,a9,a13,a14]의 연구는 노인병동이나 재활병동, 6편[a3,a5-a7,a10,a12]의 연구에서는 특정 병동을 국한하지 않았으며 Jester 등[a11]의 연구는 정형외과 병동만을 대상으로 하였다. 대부분의 연구에서 입원 환자의 질병은 구체적으로 언급되지 않았으나 Smith 등[a9]의 연구대상자는 급성 뇌졸중(acute stroke) 환자였고, Jester 등[a11]의 연구는 대퇴골절 환자, Coker와 Oliver [a13]의 연구대상자는 파킨슨씨병 등의 특정 질환이 있는 경우였다. 연구대상의 성비는 7편[a2,a4,a5,a8,a10,a11,a13]의 연구에서 여성이 남성보다 50% 더 높은 비율을 보였으며, 나머지 7편에서는 남녀 유사한 비율이었다. 연구대상의 연령은 65세 이상 노인만을 대상으로 한 연구는 3편[a5,a12,a14]이었고, 2편[a1,a6]에서는 18세 이상 성인대상이었으며 평균연령은 50대였다. 평균연령이 60대인 연구는 2편[a3,a7], 70대 4편[a5,a8,a9,

a12], 80대 5편[a2,a4,a10,a13,a14]이었고, 평균연령을 알 수 없는 경우는 1편[a11]이었다. 낙상위험을 사정한 조사자는 간호사가 8편[a1,a5-a7,a11-a14]으로 제일 많았고, 다양한 연구자들이 4편[a2,a3,a8,a9], 의사 2편[a4,a10]이었다. 모든 연구에서 낙상 발생은 입원하여 퇴원 또는 추적관찰기간동안 1회 이상 낙상한 낙상자 수를 기준으로 판단하였고, 낙상 고위험을 판단하는 STRATIFY의 경계점수는 2점 이상으로 제시되었다. 낙상발생의 추적관찰기간은 대부분의 연구에서 퇴원시점까지였으며 퇴원 후 3개월까지[a9], 첫 낙상발생[a6] 또는 입원 2개월[a14] 이내로 비교적 단기간인 경우도 각각 1편이었으며, 보고되지 않은 경우도 2편[a11,a12] 있었다(Table 1).

4. STRATIFY의 예측 타당도 평가

STRATIFY의 예측 타당도 평가는 우선 선택된 전체 문헌을 분석하고, 낙상발생 위험 예측에 영향을 주는 요인을 찾아내기 위해 연구대상 특성, 입원병동 및 환자특성, 성비, 연령, 조사자, 연구 규모에 따라 세부 분석하였다(Table 2).

Table 1. Characteristics of the Selected Studies

YP	Authors	Location	Participants			2×2Table						Value (95% Confidence interval)				
			Total (n)	M:F (n)	M±SD (year)	Aged criteria	As	FC	COP	Follow up	TP	FP	FN	TN	SN	SP
2013	Kim et al. ^{a1)}	Korea	1,026	484:542	56.4±14.9	>20	N ≥1	≥2	Until discharge	27	263	5	731	0.84 (0.67~0.94)	0.74 (0.73~0.74)	15.0 (5.43~44.9)
2011	Barker et al. ^{a2)}	Australia	263	137:126	61.3±20.6		S ≥1	UR	Until discharge	8	17	15	223	0.35 (0.18~0.54)	0.93 (0.91~0.96)	7.00 (2.33~20.9)
2011	Marschollek et al. ^{a3)}	Germany	50 (46)	13:37	81.3		S ≥1	≥2	Until discharge	15	20	4	7	0.79 (0.62~0.92)	0.26 (0.14~0.35)	1.31 (0.27~6.65)
2008	Vassallo et al. ^{a4)}	UK	200	77:123	80.9		C ≥1	≥2	Until discharge	42	98	9	51	0.82 (0.71~0.91)	0.34 (0.30~0.37)	2.43 (1.04~5.84)
2008	Webster et al. ^{a5)}	Australia	788	260:528	77.7±7.9	>65	N ≥1	≥2	Until discharge	59	272	13	444	0.82 (0.71~0.90)	0.62 (0.61~0.63)	7.41 (3.86~14.47)
2007	Kim et al. ^{a6)}	Singapore	5,489	2,842:2,647	55.0±19.0	>18	N ≥1	≥2	Until first fall	33	1,341	27	4,088	0.55 (0.42~0.68)	0.75 (0.75~0.75)	3.73 (2.17~6.41)
2007	Milisen et al. ^{a7)}	Belgium	2,568	1,148:1,420	67.2±18.4		N ≥1	≥2	Until discharge	122	997	14	1,435	0.90 (0.83~0.94)	0.59 (0.59~0.59)	12.54 (7.00~22.90)
2006	Haines et al. ^{a8)}	Australia	122	38:84	79.0±9.0		S ≥1	≥2	Until discharge	20	47	6	49	0.77 (0.58~0.90)	0.51 (0.46~0.55)	3.48 (1.18~10.68)
2006	Smith et al. ^{a9)}	UK	359 (225)	176:183	78.0 (34~100)		S ≥1	≥2	12 weeks after discharge	6	18	47	154	0.11 (0.05~0.21)	0.90 (0.88~0.92)	1.09 (0.36~3.14)
2005	Vassallo et al. ^{a10)}	UK	135	49:86	83.8±8.0		C ≥1	≥2	Until discharge	15	38	7	75	0.68 (0.47~0.85)	0.66 (0.62~0.70)	4.23 (1.46~12.65)
2005	Jester et al. ^{a11)}	UK	90 (60)	20:70	60~81		N ≥1	≥2	Unreported	1	14	1	44	0.50 (0.03~0.97)	0.76 (0.74~0.78)	3.14 (0.08~125.08)
2004	Papaioannou et al. ^{a12)}	Canada	620	282:338	78.0±7.7	>65	N ≥1	≥2	Unreported	31	234	3	352	0.91 (0.75~0.98)	0.60 (0.59~0.60)	15.54 (4.48~64.53)
2003	Coker & Oliver ^{a13)}	Canada	432	134:298	81.0		N ≥1	≥2	Until discharge	73	171	38	150	0.66 (0.57~0.74)	0.47 (0.44~0.49)	1.69 (1.05~2.71)
1997	Oliver et al. ^{a14)}	UK	837	-	80~83	>65	N ≥1	≥2	8 weeks	139	155	11	532	0.93 (0.87~0.96)	0.77 (0.76~0.78)	43.37 (22.17~87.00)

YP=year of publication; M:F=male:female; As=assessor; FC=falls criteria; COP=cut off point; TP=true positive; FP=false positive; FN=false negative; TN=true negative; SN=sensitivity; SP=specificity; DOR=diagnosis odds ratio; N=nurses; S=staff members; C=clinicians; UR=unreported.

Table 2. Summary Results of Meta-analysis

Categories	Results of pooled diagnostic test accuracy (95% Confidence interval)					Results of sROC curve								
	Studies (n)	Sensitivity I ₂ (%)	Specificity I ₂ (%)	Positive likelihood ratio	Negative likelihood ratio	Diagnostic odds ratio	AUC	SE (AUC)	Q* (Q ²)					
Total	14	0.75 (0.72-0.78)	93.2 191.81**	0.69 (0.69-0.70)	97.8 587.43**	2.02 (1.63-2.50)	0.40 (0.23-0.71)	5.23 (2.84-9.64)	0.75	0.04	0.69	0.03		
≥65 elderly with G & RW	3	0.80 (0.71-0.88)	0.0	0.34	0.39 (0.33-0.45)	78.2	9.19*	1.28 (1.07-1.54)	0.53 (0.34-0.82)	2.47 (1.40-4.35)	0.78	0.13	0.11	
Setting														
G & RW	5	0.87 (0.83-0.91)	55.0	8.89	0.70 (0.68-0.71)	97.2	143.39**	1.96 (0.12-3.40)	0.32 (0.13-0.75)	6.20 (1.58-24.41)	0.94	0.06	0.88	0.08
General wards	6	0.77 (0.72-0.82)	90.7	54.01**	0.70 (0.69-0.70)	98.5	331.48**	2.21 (2.08-2.35)	0.36 (0.21-0.63)	7.09 (4.31-11.68)	0.78	0.02	0.72	0.02
Specific disease pts.	3	0.48 (0.40-0.56)	95.7	47.05**	0.63 (0.59-0.67)	98.0	102.20**	1.24 (1.05-1.46)	0.85 (0.58-1.25)	1.59 (1.06-2.37)	0.58	0.03	0.56	0.03
Sex ratio														
M < F (1 < 1.5)	7	0.74 (0.69-0.79)	36.9	9.50	0.55 (0.53-0.58)	92.1	76.06**	1.51 (1.18-1.93)	0.52 (0.37-0.72)	3.01 (1.73-5.26)	0.71	0.06	0.66	0.05
M ≐ F	6	0.67 (0.62-0.72)	96.4	140.00**	0.71 (0.70-0.72)	98.6	351.32**	2.44 (2.05-2.91)	0.38 (0.15-0.95)	6.52 (3.00-14.17)	0.80	0.03	0.73	0.02
Age														
>65 only	3	0.89 (0.85-0.93)	64.0	5.56	0.67 (0.65-0.69)	96.5	56.35**	2.72 (1.78-4.17)	0.16 (0.07-0.37)	17.18 (5.02-58.75)	0.81	0.30	0.75	0.27
≤60	4	0.76 (0.70-0.81)	93.8	48.18**	0.71 (0.70-0.72)	98.9	284.46**	2.65 (2.05-3.42)	0.37 (0.17-0.78)	8.10 (3.85-17.03)	0.81	0.04	0.74	0.03
70~79 years)	4	0.63 (0.55-0.70)	96.7	90.57**	0.64 (0.61-0.66)	95.8	70.66**	1.98 (1.62-2.43)	0.38 (0.07-2.08)	4.52 (1.62-12.65)	0.74	0.03	0.68	0.03
≥80	5	0.80 (0.76-0.84)	87.8	32.89**	0.63 (0.60-0.65)	97.6	67.63**	1.69 (0.93-306)	0.42 (0.16-1.08)	4.08 (0.96-17.38)	0.77	0.16	0.71	0.14
Assessor														
Nurses	8	0.81 (0.78-0.84)	89.0	63.53**	0.69 (0.68-0.70)	98.0	353.14	2.34 (1.83-2.98)	0.29 (0.15-0.54)	8.47 (3.55-20.20)	0.76	0.06	0.70	0.05
Staff members	4	0.40 (0.32-0.50)	93.8	48.54**	0.81 (0.77-0.84)	97.5	119.24**	1.66 (0.97-2.82)	0.75 (0.48-1.16)	2.53 (1.04-6.14)	0.64	0.09	0.61	0.07
Age (≥65) & assessor														
Nurses assessed	4	0.90 (0.86-0.92)	46.1	5.57	0.62 (0.61-0.64)	96.5	84.59**	2.57 (1.91-3.47)	0.17 (0.10-0.28)	15.77 (7.02-35.43)	0.85	0.19	0.78	0.17
Staff members assessed	3	0.42 (0.32-0.52)	95.8	48.15**	0.71 (0.66-0.76)	97.3	75.03**	1.28 (0.95-1.72)	0.74 (0.34-1.57)	1.77 (0.83-3.79)	0.60	0.07	0.58	0.05
Research Scale														
≥500	6	0.85 (0.81-0.88)	88.4	43.14**	0.70 (0.69-0.71)	98.2	279.69**	2.61 (2.09-3.26)	0.22 (0.10-0.45)	12.03 (5.55-26.10)	0.79	0.05	0.73	0.04
<500	8	0.59 (0.53-0.64)	91.4	81.11**	0.64 (0.61-0.67)	97.6	290.88**	1.48 (1.19-1.84)	0.67 (0.49-0.93)	2.46 (1.59-3.80)	0.65	0.04	0.61	0.03

ROC curve=receiver operating characteristic curve; AUC=area under the curve; SE=standard error; G & RW=Geriatric and rehabilitation wards; M=male; F=female; *p<.01; **p<.001.

1) 전체 예측 타당도

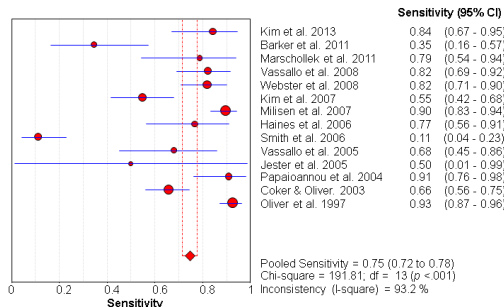
선택된 문헌 14편을 토대로 STRATIFY의 예측타당도에 대한 메타분석을 한 결과, 통합 민감도는 .75 (95% CI: 0.72~0.78), 통합 특이도는 .69 (95% CI: 0.69~0.70)이었고 문헌들 간 이질성은 각각 $93.2\%(\chi^2=191.81, p<.001)$, $97.8\%(\chi^2=587.43, p<.001)$ 로 높은 수준을 보였다. 통합 양성 우도비는 2.02 (95% CI: 1.63~2.50), 통합 음성 우도비는 .40 (95% CI: 0.23~0.71), 통합 진단교차비는 5.23 (95% CI: 2.84~9.64)이

있고 sROC AUC는 .75 (SE=0.04), Q^* 값은 .69 (SE=0.03)이었다(Figure 2).

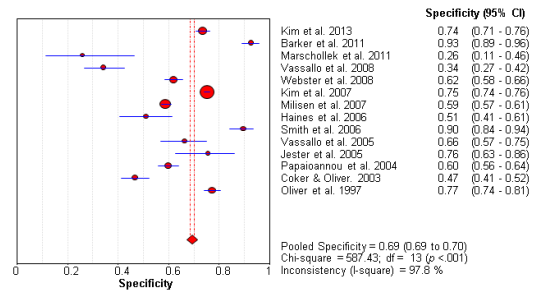
2) 예측 타당도에 영향하는 요인 세부분석

(1) 연구대상 특성

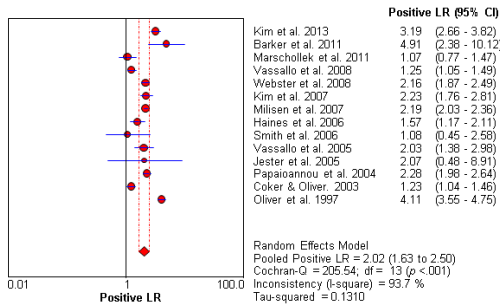
STRATIFY의 개발 당시 연구대상의 특성과 동일하게 노인 및 재활병동에 입원한 평균연령 65세 이상의 환자만을 대상으로 한 문헌은 총 3편[a2,a4,a8]이었다. 메타분석 결과, 통합 민



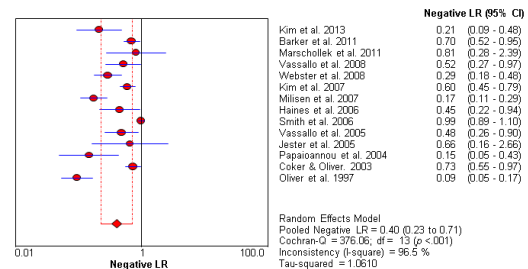
A. Sensitivity



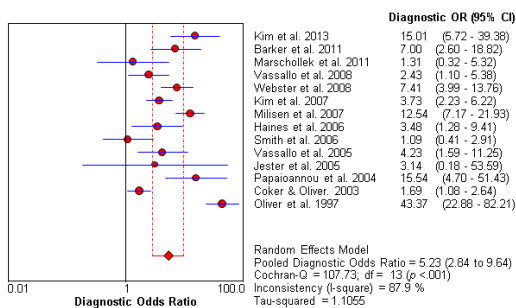
B. Specificity



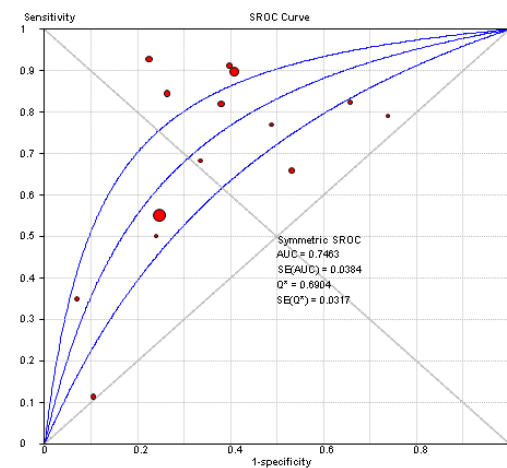
C. Positive likelihood ratio



D. Negative likelihood ratio



E. Diagnostic odds ratio



F. sROC

Figure 2. Diagnosis test accuracy of STRATIFY in total selected studies.

감도는 .80 (95% CI: 0.71~0.88), 문헌들 간 이질성은 0.0% ($\chi^2=0.34, p=.843$)로 없었고, 통합 특이도 .39 (95% CI: 0.33~0.45), 문헌들 간 이질성은 78.2% ($\chi^2=9.19, p=.01$), sROC AUC는 .78 (SE=0.13), Q*값은 .72 (SE=0.11)이었다.

(2) 입원병동 및 환자 특성

노인 및 재활병동에 입원한 일반 환자를 대상으로 한 문헌은 총 5편[a1,a2,a4,a8,a14]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .87 (95% CI: 0.83~0.91), 문헌들 간 이질성은 55.0% ($\chi^2=8.89, p=.062$)으로 중간수준이었고, 통합 특이도 .70 (95% CI: 0.68~0.72), 문헌들 간 이질성은 97.2 ($\chi^2=143.39, p<.001$), sROC AUC는 .94 (SE=0.06), Q*값은 .88 (SE=0.08)이었다. 일반 병동에 입원한 일반 환자를 대상으로 한 문헌은 총 6편[a3,a5-a7,a10,a12]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .77 (95% CI: 0.72, 0.82), 통합 특이도는 .70 (95% CI: 0.69~0.70), 문헌들 간 이질성은 각각 90.7% ($\chi^2=54.01, p<.001$), 98.5% ($\chi^2=331.48, p<.001$), sROC AUC는 .78 (SE=0.02), Q*값은 .72 (SE=0.02)이었다.

특정 질환을 가진 환자를 대상으로 한 문헌은 총 3편[a9, a11,a13]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .48 (95% CI: 0.40~0.56), 통합 특이도는 .63 (95% CI: 0.59~0.67), 문헌들 간 이질성은 각각 95.7% ($\chi^2=47.05, p<.001$), 98.0% ($\chi^2=102.20, p<.001$), sROC AUC는 .58 (SE=0.03), Q*값은 .55 (SE=0.03)이었다.

(3) 성비

여성 성비가 남성보다 50% 더 높은 문헌은 7편[a2,a4,a5, a8,a10,a11,a13]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .74 (95% CI: 0.69~0.79), 문헌들 간 이질성은 36.9% ($\chi^2=9.50, p=.147$)으로 중간수준이었고, 통합 특이도 .55 (95% CI: 0.53~0.58), 문헌들 간 이질성은 92.1 ($\chi^2=76.06, p<.001$), sROC AUC는 .71 (SE=0.06), Q*값은 .66 (SE=0.05)이었다. 연구대상자의 성비가 유사한 문헌은 6편[a1,a3,a6,a7,a9,a12]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .67 (95% CI: 0.62~0.72), 통합 특이도는 .71 (95% CI: 0.70~0.72), 문헌들 간 이질성은 각각 96.4% ($\chi^2=140.00, p<.001$), 98.6% ($\chi^2=351.32, p<.001$), sROC AUC는 .80 (SE=0.03), Q*값은 .73 (SE=0.02)이었다.

(4) 연령

65세 이상 노인만을 대상으로 한 연구는 총 3편[a5,a12,a14]

이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .89 (95% CI: 0.85~0.93), 문헌들 간 이질성은 64.0% ($\chi^2=5.56, p=.062$)으로 중간수준이었고, 통합 특이도 .67 (95% CI: 0.65~0.69), 문헌들 간 이질성은 각각 96.5% ($\chi^2=56.35, p<.001$), sROC AUC는 .81 (SE=0.30), Q*값은 .75 (SE=0.27)이었다.

연구대상자의 평균연령이 60대 이하인 경우는 4편[a1,a3, a6,a7]의 문헌에서 보고되었다. 통합 민감도는 .76 (95% CI: 0.70~0.81), 통합 특이도는 .71 (95% CI: 0.70~0.72), 문헌들 간 이질성은 각각 93.8% ($\chi^2=48.18, p<.001$), 98.9% ($\chi^2=284.46, p<.001$), sROC AUC는 .81 (SE=0.04), Q*값은 .74 (SE=0.03)이었다. 평균연령이 70대인 문헌은 4편[a5,a8,a9, a12]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .63 (95% CI: 0.55~0.70), 통합 특이도는 .64 (95% CI: 0.61~0.66), 문헌들 간 이질성은 96.7% ($\chi^2=90.57, p<.001$), 95.8% ($\chi^2=70.66, p<.001$), sROC AUC는 .74 (SE=0.03), Q*값은 .68 (SE=0.03)이었다. 평균연령이 80대인 문헌은 5편[a2,a4,a10,a13,a14]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .80 (95% CI: 0.75~0.84), 통합 특이도는 .63 (95% CI: 0.60~0.65)였고, 문헌들 간 이질성은 각각 87.8% ($\chi^2=32.89, p<.001$), 97.6 ($\chi^2=167.63, p<.001$), sROC AUC는 .77 (SE=0.16), Q*값은 .71 (SE=0.14)이었다.

(5) 조사자별

낙상위험사정을 간호사가 시행한 문헌은 8편[a1,a5-a7, a11-a14]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .81 (95% CI: 0.78~0.84), 통합 특이도는 .69 (95% CI: 0.68~0.70)이었고, 문헌들 간 이질성은 각각 89.0% ($\chi^2=63.53, p<.001$), 98.0% ($\chi^2=353.14, p<.001$), sROC AUC는 .76 (SE=0.06), Q*값은 .70 (SE=0.05)이었다. 간호사, 의사 및 작업치료사 등의 다양한 연구자들이 낙상위험을 사정한 문헌은 4편[a2,a3,a8,a9]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .40 (95% CI: 0.32~0.50), 통합 특이도는 .81 (95% CI: 0.77~0.84)이었고, 문헌들 간 이질성은 각각 93.8% ($\chi^2=48.54, p<.001$), 97.5% ($\chi^2=119.24, p<.001$), sROC AUC는 .64 (SE=0.09), Q*값은 .61 (SE=0.07)이었다.

평균연령 65세 이상인 일반 노인 환자를 대상으로 간호사가 낙상위험을 사정한 문헌은 4편[a5, a7,a12,a14]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .90 (95% CI: 0.86~0.92), 문헌들 간 이질성은 46.1% ($\chi^2=5.57, p=.134$)으로 중간수준이었고, 통합 특이도는 .62 (95% CI: 0.61~0.64), 문헌들 간 이질성은 96.5% ($\chi^2=84.59, p<.001$), sROC AUC는 .85 (SE=

0.19), Q*값은 .78 (SE=0.17)이었다. 평균연령 65세 이상인 노인 환자를 대상으로 연구자가 낙상위험을 사정한 문헌은 3편[a2,a8,a9]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도 .42 (95% CI: 0.32~0.52), 통합 특이도 .71 (95% CI: 0.66~0.76), 문헌들 간 이질성은 각각 95.8%($\chi^2=48.15$, $p<.001$), 97.3%($\chi^2=75.03$, $p<.001$), sROC AUC는 .60 (SE=0.07), Q*값은 .58 (SE=0.05)이었다.

(6) 연구규모

연구대상이 500명 이상 대규모인 문헌은 총 6편[a1,a5-a7, a12,a14]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 .85 (95% CI: 0.81~0.88), 통합 특이도는 .70 (95% CI: 0.69~0.71), 문헌들 간 이질성은 각각 88.4%($\chi^2=43.14$, $p<.001$), 98.2%($\chi^2=279.69$, $p<.001$), sROC AUC는 0.79 (SE=0.05), Q*값은 0.73 (SE=0.04)이었다. 연구대상이 500명 미만인 문헌은 총 8편[a2-a4,a8-a11,a13]이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도 .59 (95% CI: 0.53~0.64), 통합 특이도 .64 (95% CI: 0.61~0.67), 문헌들 간 이질성은 각각 91.4%($\chi^2=81.11$, $p<.001$), 97.6%($\chi^2=290.88$, $p<.001$), sROC AUC는 .65 (SE=0.04), Q*값은 .61 (SE=0.03)이었다.

논 의

18년전 런던의 성 토마스 병원(St. Thoma's Hospital)와 켄트 앤 캔터버리 병원(Kent and Canterbury Hospital)의 노인 및 재활병동 입원 환자를 대상으로 개발된 STRATIFY는 비교적 그 개발과정이 잘 알려져 있는 낙상위험사정도구 중 하나이다[a14]. 처음 개발당시 민감도와 특이도가 모두 90%를 상회하는 선별도구로 증명되어 다양한 환경(setting)에서 환자의 낙상예방에 10여 년 간 사용되었지만 일부 유용성(operational utility)이 떨어지는 문제가 발견되면서 2008년 원 개발자인 올리버 박사(Dr. David Oliver)에 의해 메타분석이 시행되었다[2]. 연구결과, 총 4개 문헌[30,a7-a8,a13]을 통합한 민감도와 특이도는 개발시점보다 다소 낮아진 양상을 보였고, STRATIFY 도구 사용(performance)에 영향을 준 요인으로 연구대상과 환경이 지적되었으나 문헌의 수가 적어 STRATIFY가 낙상위험을 사정하는 최적의 선별도구로 사용하기에는 어려움이 있다는 한계를 제시하였다. 이후 주로 영국과 캐나다에서 사용되었던 STRATIFY가 호주나 유럽, 우리나라와 싱가포르 등에도 소개되면서 도구 검증에 위한 문헌이 꾸준히 발표되었다. 이에 본 연구에서는 우리나라 입원 환자에게 활

용되는 STRATIFY의 낙상 예측 타당도를 보다 정확히 분석하기 위해 전향적인 진단법 평가연구들을 선택하고, 메타분석을 통해 이를 확인하고자 수행되었다.

총 14편, 12,811명에 대한 STRATIFY 문헌들의 메타분석 결과, 낙상이 발생할 대상을 고위험군으로 발굴하는 통합 민감도와, 낙상이 발생되지 않을 대상을 저위험군으로 발굴하는 통합 특이도 및 sROC AUC에서 STRATIFY는 중등도($0.7 < AUC \leq 0.9$)의 진단정확도를 갖는 선별검사도구로 분석되었다. 그러나 문헌들 간 이질성이 높아 근거 제시에 한계를 나타내었다. 진단법 평가 메타분석에서 문헌들 간의 이질성은 연구자료의 특성과 관련하여 자주 지적[28,29]되었고, 2008년 올리버의 연구[2]에서도 언급된 사항으로 주로 연구대상 및 장소, 성비, 연령 등에서 차이를 나타낸다. 본 연구에서도 동일한 이질성이 드러남에 따라 세부분석을 수행하였다.

문헌들 간의 이질성을 보인 요인은 입원병동, 성비 및 연령 등의 연구대상자의 특성 때문이었는데 이들 요인들은 상호 의존적이었고, STRATIFY의 예측 타당도에 영향을 미쳤다. 먼저, 노인 및 재활병동을 대상으로 한 문헌들에서 통합 민감도가 내·외과 병동이나 뇌졸중 등의 특정질환이 있는 경우보다 높았고, 문헌들 간 이질성도 중간 수준으로 통계적인 차이도 보이지 않았다. 남녀 성비가 불균형(남<녀)을 이룬 문헌과 균형을 이룬 문헌을 비교한 결과, 여성의 비가 높은 문헌에서 통합 민감도가 더 높았고 연령에서도 65세 이상 노인만을 대상으로 한 연구에서 통합 민감도가 높았다. 평균 연령대별 비교에서는 특정 질환이 있는 경우를 제외하였을 때 80대, 70대 60대 순으로 통합 민감도가 높았으며, 평균연령 70대인 경우는 통합 민감도 뿐 아니라 통합 특이도에서 문헌들 간의 이질성이 낮았다. 따라서 STRATIFY를 활용하는데 있어 병동특성 및 성별, 연령별 연구대상의 특성은 중요한 변수임이 확인되었다.

STRATIFY의 개발 당시 연구대상의 특성과 동일한 조건을 가진 문헌만을 토대로 메타분석한 결과에서, 통합 민감도가 높고 문헌들 간 이질성은 전혀 없었다. 이를 앞선 결과와 함께 비교해 볼 때 STRATIFY는 도구가 개발된 조건에 따라 사용될 때 가장 예측 타당도가 높을 것으로 예상된다. 이를 바꾸어 말하면, STRATIFY는 65세 이상의 노인 입원 환자에게 적용될 때 낙상의 위험을 보다 정확히 예측할 수 있는 적절한 도구라고 해석할 수 있다.

또한 누가 STRATIFY를 활용하느냐에 따라라도 예측 타당도에 영향을 미치는 것으로 분석되었는데, 간호사와 다양한 직종의 연구자들(staff members)을 구분하여 메타분석한 결과, 간호사가 낙상위험을 사정한 경우 통합 민감도는 다른 직

종의 연구자들에 비해 높게 나타났다. 또한, 조사자를 도구 적용 대상자들의 연령과 함께 살펴본 결과, 평균연령 65세 이상 노인을 대상으로 간호사가 낙상위험을 사정한 경우 통합 민감도는 본 연구에서 가장 높은 예측 타당도를 보였다. 일부 연구 [a5]에서 간호사의 판단이 예측도구로 부적합할 수 있다는 지적이 있으나, 이러한 결과는 다른 낙상위험사정도구에 비해 STRATIFY는 입원 환자 상태를 보다 잘 파악하고 있는 간호사에서 사용될 때 보다 용이함을 시사하는 부분이다.

마지막으로 연구규모별 비교에서 500명 이상의 대규모 연구에서 보다 STRATIFY의 예측 타당도가 높았다. 이는 STRATIFY에 대한 활용이 보다 안정화될 때 더 높은 진단 정확도를 보이는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 이를 토대로 간호 실무에서 입원 환자에게 STRATIFY를 적용할 때 도구의 예측 타당도를 높이기 위해 구성 항목에 대한 조사자의 이해와 도구 사용에 대한 훈련이 요구되는 부분으로 설명할 수 있다.

결론적으로 STRATIFY 도구는 중등도의 진단정확도를 갖는 선별검사도구라고 할 수 있으며, 65세 이상의 노인 입원 환자에게 적용되면서, 환자 상태를 잘 파악하고 있는 간호사가 사용할 때 안정적이고 높은 정확도를 갖는 도구임을 알 수 있었다.

결론 및 제언

오늘날 의료기관 환자안전 예방활동에서 낙상은 그 중요성이 강조되고 있다. 본 연구에서는 전향적 연구설계로 진행된 총 14편의 진단법 평가문헌을 토대로 한 메타분석을 통해 입원 환자를 대상으로 개발된 낙상위험사정도구인 STRATIFY에 대한 예측 타당도를 확인해 보았다. STRATIFY는 sROC AUC가 .7 이상이므로 간호 실무에서 충분히 활용 가능한 낙상위험사정도구로 해석되었다. 비록, 연구대상 특성에 따른 문헌들 간 이질성은 있었으나 동 도구가 개발된 대상인 65세 이상 노인 환자에게 적용할 경우 낙상의 잠재적 위험을 잘 예측하는 적절한 도구임을 증명할 수 있었다.

병원 환자안전의 중심에 있는 낙상예방활동이 앞으로 보다 활성화되기 위해 본 연구를 계기로 다양한 도구들의 현장 활용성을 확인하고 예측 타당도를 검증하는 간호실무 연구가 활발히 수행되기를 기대해 본다.

REFERENCES

- Shorr RI, Mion LC, Chandler AM, Rosenblatt LC, Lynch D, Kessler LA. Improving the capture of fall events in hospitals: combining a service for evaluating inpatient falls with an incident report system. *Journal of American Geriatric Society*. 2008 Apr;56(4):701-4. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01605.x>
- Oliver D, Papaioannou A, Giangregorio L, Thabane L, Reizgys K, Foster G. A systematic review and meta-analysis of studies using the STRATIFY tool for prediction of falls in hospital patients: how well does it work? *Age and Ageing*. 2008;37(6):621-7. <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afn203>
- Everhart D, Schumacher JR, Duncan RP, Hall AG, Neff DF, Shorr RI. Determinants of hospital fall rate trajectory groups: a longitudinal assessment of nurse staffing and organizational characteristics. *Health Care Management Review*. 2014;39(4):352-60. <http://dx.doi.org/10.1097/HMR.0000000000000013>
- Yang HM, Chun BC. Falls in the general hospital inpatients: incidence, associated factors. *Journal of Korean Society of Quality Assurance in Health Care*. 2009;15(2):107-20.
- Healey F, Scobie S, Oliver D, Pryce A, Thomson R, Glampson B. Falls in English and Welsh hospitals: a national observational study based on retrospective analysis of 12 months of patient safety incident reports. *Quality & Safety in Health Care*. 2008;17(6):424-30. <http://dx.doi.org/10.1136/qshc.2007.024695>
- Wong C, Recktenwald A, Jones M, Waterman B, Bollini M, Dunagen W. The cost of serious fall-related injuries at three midwestern hospitals. *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*. 2011;37(2):81-7.
- Centers for Medicare & Medicaid Services. Medicare program; listening session on hospital-acquired conditions in inpatient settings and hospital outpatient healthcare-associated conditions in outpatient settings [Internet]. *Federal Register*. 2008; 73(211):64618-9. [cited 2015 March 10]. Available from: http://www.cms.gov/Medicare/Medicare-Fee-for-Service-Payment/HospitalAcqCond/downloads/1422_N_FEDERAL_REGISTER_VERSION_PUB_10_30_08_508.pdf
- Ganz DA, Huang C, Saliba D, et al. Preventing falls in hospitals: a toolkit for improving quality of care [Internet]. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality, 2013 January. AHRQ Publication No.: 13-0015-EF. [cited 2015 March 10]. Available from: <http://www.ahrq.gov/professionals/systems/hospital/fallp toolkit/index.html>
- Korea Ministry of Government Legislation. Patient safety act [Internet]. Sejong Metropolitan Autonomous City: Korea Ministry of Government Legislation; 2015 [cited 2015 March 30]. Available from: <http://law.go.kr/lInfoP.do?lsiSeq=167782&efYd=20160729#0000>
- Myers H, Nikoletti S. Fall risk assessment: a prospective investi-

1. Shorr RI, Mion LC, Chandler AM, Rosenblatt LC, Lynch D,

- gation of nurses' clinical judgement and risk assessment tools in predicting patient falls. *International Journal of Nursing Practice*. 2003;9(3):158-65.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1440-172X.2003.00409.x>
11. The Joint Commission. 2015 Comprehensive accreditation manual for hospitals. Oak Brook, IL: Joint Commission Resources; 2014.
 12. Ministry of Health & Welfare, Korea Institute for Healthcare Accreditation [KOIHA]. Guideline for healthcare accreditation [Internet]. Seoul: KOIHA, 2014 [cited 2015 January 10]. Available from:
<https://www.koiha.or.kr/home/data/data/doView.act>
 13. The Victorian Quality Council. Minimizing the risk of falls & fall-related injuries: guidelines for acute, sub-acute and residential care setting [Internet]. Melbourne Victoria: the Metropolitan Health and Aged Care Services Division Victorian Government Department of Human Services; 2004 July. [cited 2015 March 10]. Available from:
<http://www.health.vic.gov.au/qualitycouncil/downloads/falls/research.pdf>
 14. Morse JM. Computerized evaluation of a scale to identify the fall-prone patient. *Canadian Journal of Public Health*. 1986; 77(suppl 1):21-5.
 15. Schmid NA. Reducing patient falls: a research-based comprehensive fall prevention program. *Military Medicine*. 1990;155: 202-7.
 16. Hendrich A, Nyhuuis A, Kippenbrock T, Soga ME. Hospital falls: development of a predictive model for clinical practice. *Applied Nursing Research*. 1995;8(3):129-39.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0897-1897\(95\)80592-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0897-1897(95)80592-3)
 17. Poe SS, Cvach M, Dawson BP, Straus H, Hill, EE. The Johns Hopkins fall risk assessment tool: postimplementation evaluation. *Journal of Nursing Care Quality*. 2007;22(4):293-8.
<http://dx.doi.org/10.1097/01.NCQ.0000290408.74027.39>
 18. Kim KS, Kim JA, Choi YK, Kim YJ, Park MH, Kim HY, et al. A comparative study on the validity of fall risk assessment scales in Korean hospitals. *Asian Nursing Research*. 2011;5(1):28-37.
[http://dx.doi.org/10.1016/S1976-1317\(11\)60011-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1976-1317(11)60011-X)
 19. Oliver D, Daly F, Martin FC, McMurdo ME. Risk factors and risk assessment tools for falls in hospital in-patients: a systematic review. *Age and Ageing*. 2004;33(2):122-30.
<http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afh017>
 20. The Joint Commission. Defining the problem of falls. In IJ. Smith (Ed.), *Reducing the risk of falls in your health care organization*. Oak Brook, IL: Joint Commission Resources; 2012.
 21. Macaskill P, Gatsonis C, Deeks JJ, Harbord RM, Takwoingi Y. Analysing and presenting results. In: Deeks JJ, Bossuyt PM, Gatsonis C, editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of diagnostic test accuracy version 1.0* [Internet]. The Cochrane Collaboration, 2010 [cited 2013 May 30]. Available from: <http://srdta.cochrane.org/>
 22. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Antes G, Atkins D, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-Analyses: The PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*. 2009;151(4):264-9.
<http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
 23. Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Annals of Internal Medicine*. 2011;155(8):529-36.
<http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>
 24. Zamora J, Abraira V, Muriel A, Khan KS, Coomarasamy A. Meta-DiSc: a software for meta-analysis of test accuracy data. *Medical Research Methodology*. 2006;6:31-42.
<http://dx.doi.org/10.1186/1471-2288-6-31>
 25. Greiner M, Pfeiffer D, Smith RD. Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. *Preventive Veterinary Medicine*. 2000;45(1-2): 23-41.
 26. Walter SD. Properties of the summary receiver operating characteristic (SROC) curve for diagnostic test data. *Statistics in Medicine*. 2002;21(9):1237-56.
<http://dx.doi.org/10.1002/sim.1099>
 27. Higgins JP, Thompson SG. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine*. 2002;21(11):1539-58.
<http://dx.doi.org/10.1002/sim.1186>
 28. Knottnerus JA. *The evidence base of clinical diagnosis*. Park SH, Kang CB, translator. Seoul: E-Public; 2008.
 29. Sousa MR, Ribeiro AL. Systematic review and meta-analysis of diagnostic and prognostic studies: a tutorial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2009;92(3):229-38.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2009000300013>
 30. Hill K, Vratsidis F, Jessup R, McGann A, Pearce J, Collins T. Design-related bias in hospital falls risk screening tools predictive accuracy evaluations: systematic review and meta-analysis. *Australasian Journal of Podiatric Medicine*. 2004;38(2): 99-108.

Appendix

- a1. Kim SR, Yoo SH, Shin YS, Jeon JY, Kim JY, Kang SJ, et al. Comparison of the reliability and validity of fall risk assessment tools in patients with acute neurological disorders. *Korean Journal of Adult Nursing*. 2013;25(1):24-32. <http://dx.doi.org/10.7475/kjan.2013.25.1.24>
- a2. Barker A, Kamar J, Graco M, Lawlor V, Hill, K. Adding value to the STRATIFY falls risk assessment in acute hospitals. *Journal of Advanced Nursing*. 2011;67(2):450-7. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2648.2010.05503.x>
- a3. Marschollek M, Rehwald A, Wolf KH, Gietzelt M, Nemitz G, ZuSchwabedissen HM, et al. Sensors vs. experts-A performance comparison of sensor-based fall risk assessment vs. conventional assessment in a sample of geriatric patients. *BMC Medical Informatics & Decision Making*. 2011;11:48. <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6947-11-48>
- a4. Vassallo M, Poynter L, Sharma JC, Kwan J, Allen SC, Vassallo M, et al. Fall risk-assessment tools compared with clinical judgment: an evaluation in a rehabilitation ward. *Age and Ageing*. 2008;37(3):277-81. <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afn062>
- a5. Webster J, Courtney M, Marsh N, Gale C, Abbott B, Mackenzie-Ross A, et al. The STRATIFY tool and clinical judgment were poor predictors of falling in an acute hospital setting. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2010;63(1):109-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.02.003>
- a6. Kim EA, Mordiffi SZ, Bee WH, Devi K, Evans D, Kim EAN, et al. Evaluation of three fall-risk assessment tools in an acute care setting. *Journal of Advanced Nursing*. 2007;60(4):427-35. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04419.x>
- a7. Milisen K, Staelens N, Schwendimann R, De Paepe L, Verhaeghe J, Braes T, et al. Fall prediction in inpatients by bedside nurses using the St. Thomas's Risk Assessment Tool in Falling Elderly Inpatients (STRATIFY) instrument: a multicenter study. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2007;55(5):725-33. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01151.x>
- a8. Haines TP, Bennell KL, Osborne RH, Hill KD. A new instrument for targeting falls prevention interventions was accurate and clinically applicable in a hospital setting. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2006;59(2):168-75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2005.07.017>
- a9. Smith J, Forster A, Young J. Use of the STRATIFY falls risk assessment tool was not useful in predicting falls in patients with acute stroke. *Age and Ageing*. 2006;35(2):138-43. <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afj027>
- a10. Vassallo M, Stockdale R, Sharma JC, Briggs R, Allen S. A comparative study of the use of four fall risk assessment tools on acute medical wards. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2005;53(6):1034-8. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53316.x>
- a11. Jester R, Wade S, Henderson K. A pilot investigation of the efficacy of falls risk assessment tools and prevention strategies in an elderly hip fracture population. *Journal of Orthopaedic Nursing*. 2005;9(1):27-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joon.2004.10.002>
- a12. Papaioannou A, Parkinson W, Cook R, Ferko N, Coker E, Adachi JD. Prediction of falls using a risk assessment tool in the acute care setting. *BMC Medicine*. 2004;2:1. <http://dx.doi.org/10.1186/1741-7015-2-1>
- a13. Coker E, Oliver D. Evaluation of the STRATIFY falls prediction tool on a geriatric unit. *Outcomes Management*. 2003;7(1):8-16.
- a14. Oliver D, Britton M, Seed P, Martin FC, Hopper AH. Development and evaluation of an evidence based risk assessment tool (STRATIFY) to predict which elderly inpatients will fall: case-control and cohort studies. *British Medical Journal*. 1997;315(7115):1049-53. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.315.7115.1049>