Original Article

Korean J Health Promot 2016;16(3):180-191 • pISSN: 2234-2141 • eISSN: 2093-5676
http://dx.doi.org/10.15384/kjhp.2016.16.3.180

성인 입원환자에게 유용한 낙상위험사정도구: 체계적 문헌고찰과 메타분석

박성희[1], 김은경[2]

[1]순천향대학교 간호학과, [2]충북대학교 간호학과

Systematic Review and Meta-analysis for Usefulness of Fall Risk Assessment Tools in Adult Inpatients

Seong-Hi Park[1], Eun-Kyung Kim[2]

[1]Department of Nursing, Soonchunhyang University, Asan, Korea
[2]Department of Nursing, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

Background: The aim of this study was to determine which fall-risk tool is most accurate for detecting and predicting adults in the hospital setting.
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 keywords: 'fall', 'fall risk assessment', 'fall screening', 'mobility scale', and 'risk assessment tool'. The QUADAS-2 was applied to assess the internal validity of the diagnostic studies. Fourteen studies were analyzed using meta-analysis with MetaDisc 1.4.
Results: The result of comparing twelve tools was that the Morse Fall Scale (MFS) is the best tool for predicting falls for acute hospitalized adult patients. Six prospective validation studies using MFS with high methodological quality, involving 9,255 patients, were included. Meta-analysis finding of MFS was as follows; pooled sensitivity 0.73 (95% confidence interval [CI]: 0.68-0.78), pooled specificity 0.75 (95% CI: 0.74-0.76), area under the curve (AUC) of summary receiver operating characteristics (sROC) curve 0.79 (standard error [SE] = 0.02), and value of index Q* 0.72 (SE = 0.01) respectively.
Conclusions: Falls in hospitalized adult patients can be effectively prevented using the MFS. These findings provide scientific evidence for using appropriate tool to prevent accidental falls and improve the safety of patients.
Korean J Health Promot 2016;16(3):180-191

Keywords: Accidental falls, Sensitivity and specificity, Meta-analysis

서 론

세계보건기구(World Health Organization)는 전 세계적으로 매년 42만 건 이상 발생하는 치명적인 낙상사고를 주요한 공중보건 문제로 선포하였다. 낙상은 교통사고 다음으로 비의도적 손상 사망(unintentional injury death)의 두 번째 주된 요인으로 보고되고 있다.[1] 낙상은 병원이나 지역사회에서 모두 빈번히 발생되지만 특히, 입원환자의 낙상은 병원에서 보고되는 다양한 사고 중 단일 항목으로 가장 큰 비중을 차지하는 안전사고이다.[2,3] 전 세계적으로 병

■ Received: May 12, 2016 ■ Accepted: August 29, 2016
■ Corresponding author : **Eun-Kyung Kim, PhD**
Department of Nursing, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-Gu, Cheongju 28644, Korea
Tel: +82-43-249-1730, Fax: +82-43-266-1710
E-mail: kyung11@chungbuk.ac.kr
■ This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2014.

Copyright ⓒ 2016 The Korean Society of Health Promotion and Disease Prevention
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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

원의 일 재원환자 수 1,000명당 1.4-8.2건의 낙상이 발생되며, 이 중 삼분의 일은 위해를 경험하고, 약 3-8%는 심각한 장애와 사망으로 이어진다.[4] 또한, 낙상환자의 의료비는 낙상을 경험하지 않은 환자에 비해 평균 5백만 원 이상 더 소요된다고 알려져 있어 사회적 부담도 크다.[5]

낙상의 유형은 예측 가능한 생리적 낙상, 예측 불가능한 생리적 낙상과 우발적인 낙상으로 구분된다.[6] 병원 낙상사고의 대부분은 예측 가능한 생리적 낙상으로 주로 보행 장애나 약물반응, 어지러움이나 실신 등의 병리적 요인에 의해 발생된다.[1] 이러한 낙상은 이미 여러 연구를 통해 그 위험요인이 알려져 있으므로 병원은 환자가 입원하는 시점에서 주로 훈련된 간호사를 통해 낙상 위험을 사정한다.[7] 대부분의 낙상위험사정도구들은 이러한 유형의 낙상 위험을 평가하기 위해 설계되었다.

현재 낙상위험사정도구는 움직임(mobility)의 균형을 보는 기능평가도구(functional mobility assessments)와 선별도구(screening tools), 두 가지 모두를 평가하는 통합선별도구(combined functional screening)의 유형으로 개발되어 있으며, 이는 병원용, 거주자용, 장기요양시설용, 가정용으로 구별되어 사용되고 있다.[8] 병원 입원환자를 대상으로 한 낙상위험사정도구로는 1986년 미국에서 개발된 Morse 낙상도구(Morse Fall Scale),[9] 1990년 Schmid Fall Risk Assessment Tool,[10] 1995년 Hendrich II 낙상도구(Fall Risk Model),[11] 1997년 영국에서 개발된 St. Thomas 낙상도구(St. Thomas Risk Assessment Tool in Falling elderly inpatients, STRATIFY),[12] 1999년 미국에서 개발된 Conley 낙상도구(Conley Scale),[a1] 2005년 존스홉킨스병원의 Johns Hopkins Hospital Fall Risk Assessment Tool[13]과 2003년 국내 보바스기념병원에서 제안한 낙상도구(Bobath Memorial Hospital Fall Risk Assessment scale) 등이 있다.[14] 이러한 낙상위험사정도구들을 살펴보면 그 명칭에서 알 수 있듯이 주로 해당 병원의 필요에 의해 소규모적으로 개발되었거나[10,12-14] 노인환자 등의 비중이 크고[9,12] 후향적인 방법으로 개발되어[10,11] 낙상발생 예측 타당도에 대한 문제가 끊임없이 제기되어 왔다.

2014년 국가 통계에 따르면,[15] 연령별 퇴원환자의 분포는 18세 이상 성인이 57.2%이며 65세 이상 노인은 23.8%였다. 물론 낙상사고는 균형능력에 이상이 있는 노인에게 주로 다발되지만 병원에서의 낙상은 심장 및 신경계 관련 건강상태나 치료적 장치, 약물의 부작용 등이 그 원인이 되며,[1] 특히 성인 환자의 경우 보호자가 상주해 있지 않은 경우도 있어 예기치 않은 낙상발생의 잠재성도 간과할 수 없는 상황이다. 지난 몇 년간 여러 편의 체계적 문헌고찰을 통해 다양한 낙상위험사정도구들의 예측 타당도를 검토하였으나 주로 노인과 재활병동 등의 특정 환경에 초점을 맞추고 있어[3,16-20] 성인 입원환자의 낙상을 예측하는데 있어 그 사용이 적절한지에 대한 검증은 제대로 이루어지지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 성인 환자를 대상으로 일반적인 내·외과 병동에 입원한 경우에 시행한 낙상위험사정도구의 예측 정확도를 보고한 연구에 초점을 맞추어 동 환자의 낙상위험을 선별하는데 추천할 수 있는 가장 적절한 낙상위험사정도구를 확인하고, 그 효용성에 대한 과학적 근거를 제시해 보고자 시도되었다.

방 법

본 연구는 코크란 연합의 진단법 정확도에 대한 체계적 문헌고찰 핸드북[21]과 preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) 그룹이 제시한 체계적 문헌고찰 보고지침[22]에 따라 수행되었다.

1. 문헌검색원

전자 데이터베이스(database, DB)를 이용한 검색은 KoreaMed, 국가과학기술정보센터(National Digital Science Library), 한국교육학술정보원(Korea Education & Research Information Service), Ovid-Medline, Embase, Cochrane Library와 CINAHL Complete를 이용하였다. 문헌검색은 사전에 검색전략을 수차례 검증한 후 2014년 8월 30일에 일괄 시행되었다. 또한 낙상 관련 분야의 문헌들이 모두 포함될 수 있도록 한국간호과학회를 비롯하여 학술지가 출판되는 각종 간호학회의 홈페이지를 통해 문헌검색을 추가하였다. 각 학회별 학술지는 다소 시차를 두고 홈페이지에 게시되므로 이를 감안하여 2014년 12월 14일에 검색되었고, 검색범위는 학술지별로 창간호부터 검색 당일 학회 홈페이지에 게시된 전체 문헌을 대상으로 하였다.

검색 전략은 전자 DB의 경우 낙상 관련 표준화된 통제어휘(Medline: MeSH, Embase: Emtree)와 각종 낙상도구들로부터 주요 개념어를 도출하여 수립하였다. 따라서 사용된 검색어는 falls 또는 accidental falls, fall risk assessment, fall screening, mobility scale, risk assessment tool과 같은 통제어휘로 확장 검색하고, 각종 낙상도구들의 명칭을 이용한 검색을 추가하였다. 또한 Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)에서 제시한 검색필터(search filter)를 활용하여 진단법 평가 연구에 대한 검색 정확도를 높였다.

2. 문헌선택과정

1) 문헌선별

문헌선택기준은 입원환자를 대상으로 낙상위험사정도

구의 진양성, 위양성, 진음성, 위음성 결과를 보고하여 민감도와 특이도를 추출할 수 있는 전향적인 검사 타당도(prospective validation study)에 대한 연구로 동료심사를 거쳐 출판된 문헌이었다. 원저가 아닌 종설이나 메타분석 연구, 급성기 병원이라도 재활병동이나 노인병동에 입원한 환자만을 대상으로 한 경우나 뇌졸중이나 파킨슨병 등의 특정 질환자만을 대상으로 한 연구 및 진단법 평가 연구라도 진단정확도를 계산할 수 없는 연구는 배제하였다.

검색된 문헌은 우선 각 DB별 중복된 문헌을 제거하고, 그 다음 문헌의 제목과 초록을 검토하여 선택 및 배제기준에 따라 선별하였다. 이 과정에서 정확한 판단이 곤란한 경우는 원문을 찾아 적용하였다. 이 과정은 2명의 연구자가 각자 독립적으로 검토한 후 합의를 통해 결정하였으며, 의견의 불일치가 있는 경우는 제3자 개입의 원칙을 정하였다.

2) 문헌검토기준

① 연구대상(type of population and setting)

급성기 병원에 입원한 18세 이상의 성인 환자로서 입원병동은 단기 치료를 위한 일반적인 내·외과계 병동에 입원한 경우를 대상으로 하였다. 뇌졸중(stroke)이나 파킨슨병 등 균형 능력에 문제가 있는 특정 환자만을 대상으로 하거나 정신과나 소아병동, 재활병동 및 노인병동만으로 환경을 국한한 경우는 제외하였다.

② 중재검사(indexed tests)

입원환자를 대상으로 실시한 낙상위험사정도구들을 대상으로 하였다. 낙상발생 위험 여부는 각 연구에서 제시한 경계점수(cut-off point)를 기준으로 '위험 있음/없음' 또는 '높은 위험/낮은 위험'과 같이 이분화된 변수로 구분되어 판단되었다.

③ 참조표준검사

본인의 의사와 상관없이 발바닥 이외의 신체 일부가 바닥면에 접지되어 발생된 낙상사고로서 낙상발생은 의료인 및 연구자의 관찰이나 낙상사고 보고서를 통해 1회 이상 낙상이 발생된 경우로 하였다.

④ 예측 타당도 결과

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

⑤ 연구유형(type of studies)

낙상 위험 선별도구의 예측 타당도를 가장 적절하게 평가하기 위해 전향적인 방법(prospective studies)으로 낙상발생 예측의 정확도를 평가한 연구만을 포함하였다. 또한 연구결과에서 민감도나 특이도 값만 제시하고 2×2 이원분류표를 작성하는데 충분한 진단정확도 자료를 제공하지 않은 경우는 제외하였다.

3. 문헌의 질 평가

Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-2를 사용하였다.[23] 이는 진단법 평가 연구에 대한 질 평가 도구로 '삐뚤림의 위험(risk of bias)'과 '적용성(applicability)'을 평가한다. 평가항목은 연구 대상 선택, 중재검사법, 참조표준검사와 연구진행과 시점(flow and timing)의 4가지 영역(domain)으로 구성된다. 각 영역은 평가항목에 따라 예, 아니오, 불확실로 평가하고 최종적으로 삐뚤림의 위험과 적용성의 평가 결과는 위험이 높음, 낮음, 불확실로 기술된다. 문헌의 질은 2명의 연구자가 독립적으로 평가한 후 명확하지 않는 부분은 논의를 통해 정리하였다.

4. 자료추출과 합성

자료추출은 우선 근거표(evidence table) 기본 서식을 작성하여 서식의 적절성을 검토한 후 사용되었다. 이 과정도 2명의 연구자가 독립적으로 작성한 후 그 결과를 교차 확인하였다. 낙상위험사정도구의 진단 결과인 진양성, 위양성, 위음성, 진음성 값을 토대로 2×2 이원분류표를 작성하였고, '2-way contingency table analysis' 프로그램을 이용하여 민감도, 특이도, 진단정확도 값과 95% 신뢰구간(95% confidence interval [CI])을 기술하였다.

메타분석을 위한 통계 프로그램은 MetaDiSc 1.4를 이용하였다.[24] 진단법 메타분석에서 통합 추정치를 분석하고자 하는 경우, 연구 간 이질성을 반영하기 위해 랜덤효과모형 사용을 권고하므로,[21] 통계적 모델에 대한 일반적 원칙은 임의효과모형(random effect model)을 토대로 통합 민감도와 특이도, 양성 및 음성우도비와 진단교차비로 분석하였고, summary receiver operating characteristic (sROC) 곡선 통계량은 곡선아래면적(area under the curve, AUC)과 index Q*값을 통해 검사 정확도를 기술하였다. AUC의 수치는 AUC=0.5인 경우 비정보적인 검사, 0.5<AUC≤0.7은 정확성 낮음, 0.7<AUC≤0.9는 중등도, 0.9<AUC<1은 매우 정확함과 AUC=1은 완벽한 검사로 판단하였고,[25] ROC 곡선에서 민감도와 특이도의 동등점을 반영하는 index Q*는 100% 정확할 때 '1'을 기준으로 판단하였다.[26] 연구들 간 이질성(heterogeneity)의 존재 여부는 유의수준 5% 미만으로 하여 카이제곱검정(X^2-test)과 Higgins의 I2 동질성 검사

(I2 test)로 평가하였고, I2의 판단기준은 I2≤25%이면 이질성이 낮은 것으로, 25%<I2≤75%는 중간 정도의 이질성, I2>75% 이상은 이질성이 높다고 해석하였다.[27]

결 과

1. 문헌선택 결과

전자 DB를 통해 총 2,111편의 문헌이 검색되었다. Korea-Med 32편, NDSL 12편, KERIS 69편, Ovid-Medline 1,680편, Embase 185편, Cochrane Library 17편 및 CINAHL 116편이었다. 이외 관련 분야의 학술지에서는 총 64편의 문헌이 검색되었다. 따라서 검색된 총 문헌은 모두 2,175편이었고, 이 중 중복된 문헌은 210편이었다. 이를 제외한 1,965편의 문헌을 토대로 문헌검토기준을 중심으로 선택 및 배제기준에 따라 제목 및 초록을 검토하였고, 121편의 문헌은 원문을 찾아 선별하였다. 최종적으로 1,951개(99.3%) 문헌이 배제되고, 14편의 문헌이 최종 선택되었다. 문헌선택 과정은 흐름도로 제시하였다(Figure 1).

2. 문헌의 질 평가 결과

선택된 14편 연구에 대한 평가 결과, 전체적으로 각 영역에 대해 삐뚤림의 위험이 '높음'으로 판단된 문헌은 없었다. Kim 등[a2]의 연구에서 5개 병원이 편의표본추출(convenience sampling)되었으나 각 병원에서 선정된 병동에서의 환자 선택은 해당 연구의 선택기준에 따라 대상자가 선정되었다. 또한 Robey-Williams 등[a3]의 연구에서는 8개 병동이 무작위 추출된 후 대상자가 편의표본으로 선택되었으나 모두 전향적인 연구이므로 연구 결과를 해석하는데 영향을 주지 않았고, 두 연구 모두에서 부적절한 배제가 없어 환자 선택 영역에서 삐뚤림의 위험은 없다고 해석하였다. 따라서 선택된 문헌은 모두 질 평가 영역을 충족하는 고품질의 문헌이었다(Figure 2).

Figure 1. Flow diagram of article selection.

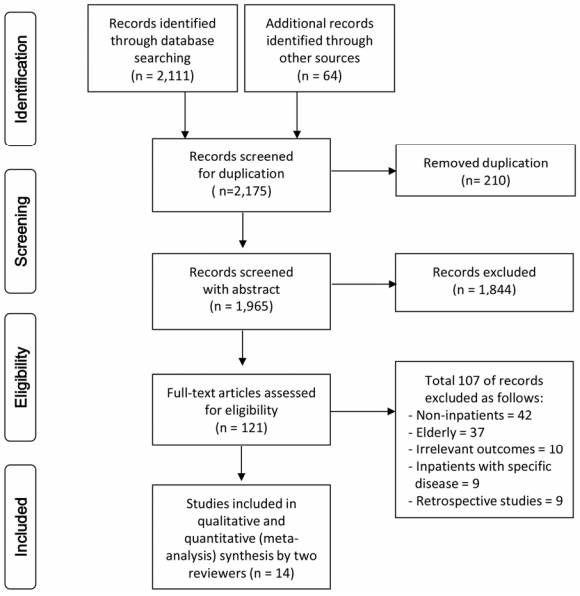
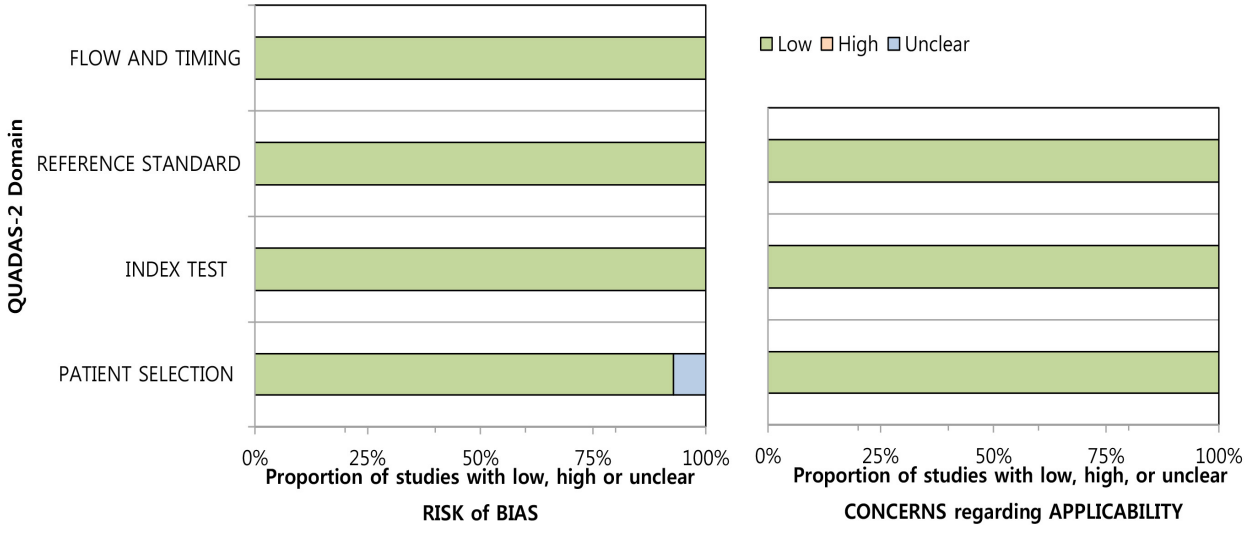


Figure 2. Quality assessment results of the selected studies by QUADAS-2.



Abbreviation: QUADAS-2, Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-2.

Table 1. Characteristics of selected studies

Tools	Year of publication	Authors	Country	Sample size	% female	Mean age (SD, range)	Hospital units	Falls criteria	Cut off point	2×2 Table				Value (95% confidence interval)		
										TP	FP	FN	TN	SN	SP	DOR
Morse Fall Scale																
MFS	2013	Kim et al.[a4]	Korea	1,026	52.8	56.40±14.90	Neurology and rehabilitation wards	≥1	>50	16	98	16	896	0.50 (0.32-0.68)	0.90 (0.88-0.92)	9.14 (4.43-18.85)
	2011	Chapman et al.[a5]	USA	1,540	-	-	17 units (medical, surgical units etc.	≥1	>50	44	403	13	1,077	0.77 (0.64-0.87)	0.73 (0.70-0.75)	9.05 (4.82-16.97)
	2011	Kim et al.[a2]	Korea	356	43.5	62.60	Five acute care hospitals	≥1	>50	56	126	15	159	0.79 (0.68-0.88)	0.56 (0.50-0.62)	4.71 (2.54-8.72)
	2007	Kim et al.[a6]	Singapore	5,489	48.2	55.00±19.00	Medical, surgical, oncology wards etc.	≥1	≥40	41	1,303	19	4,126	0.68 (0.55-0.80)	0.76 (0.75-0.77)	6.83 (3.95-11.81)
	2006	Schwendimann et al.[a7]	Switzerland	386	59.6	70.30±18.50	Adults patients with a medical conditions	≥?	>55	35	116	12	223	0.74 (0.60-0.80)	0.66 (0.60-0.71)	5.61 (2.80-11.21)
	1995	McCollam[a8]	USA	458	-	-	Cardiology general medicine unit	≥1	≥45	21	200	2	235	0.91 (0.72-0.99)	0.92 (0.88-0.95)	123.38 (26.97-564.41)
Hendrich Ⅱ Fall Risk Model																
	2013	Kim et al.[a4]	Korea	1,026	52.8	56.40±14.90	Neurology and rehabilitation wards	≥1	≥5	19	214	13	780	0.59 (0.41-0.76)	0.78 (0.76-0.81)	5.33 (2.59-10.96)
	2011	Chapman et al.[a5]	USA	1,540	-	-	17 units (medical, surgical units etc.	≥1	≥5	37	459	20	1,021	0.65 (0.51-0.77)	0.69 (0.67-0.71)	4.12 (2.36-7.1)
	2009	Lavallo et al.[a9]	Italy	1,148	40.8	69.00	Medical, surgical and rehabilitation units	≥1	≥5	27	322	32	767	0.46 (0.33-0.59)	0.70 (0.68-0.73)	2.01 (1.18-3.41)
	2007	Kim et al.[a6]	Singapore	5,489	48.2	55.00±19.00	Medical, surgical, oncology wards etc.	≥1	≥5	42	2,090	18	3,339	0.70 (0.57-0.81)	0.62 (0.60-0.63)	3.73 (2.14-6.49)
St. Thomas Risk Assessment Tool in Falling elderly inpatients																
STRATIFY	2013	Kim et al.[a4]	Korea	1,026	52.8	56.40±14.90	Neurology and rehabilitation wards	≥1	≥2	27	263	5	731	0.84 (0.67-0.95)	0.74 (0.71-0.76)	15.01 (5.72-39.38)
	2010	Barker et al.[a10]	Australia	263	47.9	61.32±20.65	Five medical and surgical wards	≥1	≥2	8	17	15	223	0.35 (0.16-0.57)	0.93 (0.89-0.96)	7.00 (2.60-18.8)
	2007	Kim et al.[a6]	Singapore	5,489	48.2	55.00±19.00	Medical, surgical, oncology wards etc.	≥1	≥2	33	1,341	27	4,088	0.55 (0.42-0.68)	0.75 (0.74-0.76)	3.73 (2.23-6.22)
	2007	Milisen et al.[a11]	Belgium	1,881	50.4	64.10±18.00 58.20±17.10	Medical-surgical wards (exclude geriatric ward)	≥1	≥1	46	564	8	1,263	0.85 (0.73-0.93)	0.69 (0.67-0.71)	3.73 (2.23-6.22)
TNH-STRATIFY	2010	Barker et al.[a16]	Australia	263	47.9	61.32±20.65	Five medical and surgical wards	≥1	>3	15	50	8	190	0.65 (0.43-0.84)	0.79 (0.73-0.84)	7.13 (2.86-17.75)

Table 1. Continued.

Tools	Year of publication	Authors	Country	Sample size	% female	Mean age (SD, range)	Hospital units	Falls criteria	Cut off point	2×2 Table				Value (95% confidence interval)		
										TP	FP	FN	TN	SN	SP	DOR
Conley Scale																
	2009	Lavallo et al.[a9]	Italy	1,148	40.8	69.00	Medical, surgical and rehabilitation units	≥1	≥2	41	449	18	640	0.69 (0.56-0.81)	0.59 (0.56-0.62)	3.25 (1.84-5.72)
	1999	Conley et al.[a1]	USA	1,168	58.4	73.80±11.39	Medical-surgical units	≥1	>2	42	455	17	654	0.71 (0.58-0.82)	0.59 (0.56-0.62)	3.55 (2.00-6.32)
Others fall risk assessment tools																
HDS	2013	Hester et al.[a12]	USA	1,904	49.7	52.80	Neuroscience unit	≥1	≥10	40	984	4	876	0.91 (0.78-0.97)	0.47 (0.45-0.49)	8.90 (3.17-24.98)
BMFRAS	2011	Kim et al.[a2]	Korea	356	43.5	62.60	Five acute care hospitals	≥1	≥11	54	119	17	166	0.76 (0.64-0.85)	0.58 (0.52-0.64)	4.43 (2.45-8.02)
JHFRAT	2011	Kim et al.[a2]	Korea	356	43.5	62.60	Five acute care hospitals	≥1	≥12	49	114	22	171	0.69 (0.57-0.79)	0.60 (0.54-0.66)	3.34 (1.92-5.83)
MMC	2011	Chapman et al.[a5]	USA	1,540	-	-	17 units (medical, surgical units etc.	≥1	≥10	37	507	20	975	0.65 (0.51-0.77)	0.66 (0.63-0.68)	3.56 (2.04-6.19)
NY	2011	Chapman et al.[a5]	USA	1,540	-	-	17 units (medical, surgical units etc.	≥1	≥7	45	614	12	862	0.79 (0.66-0.89)	0.58 (0.56-0.61)	5.26 (2.76-10.04)
FRAT	2008	Salameh et al.[a14]	Israel	524	-	-	General medicine and neurology wards	≥1	UR	56	140	32	296	0.64 (0.53-0.74)	0.68 (0.63-0.72)	3.70 (2.29-5.97)
CDS	2007	Mertens et al.[a13]	Germany	7,634	55.4	64.50±17.10	39 hospitals (exclude 29 nursing homes)	≥1	≤68	151	2,382	40	5,061	0.79 (0.73-0.85)	0.68 (0.67-0.69)	0.02 (5.64-11.40)
SFRAT	2007	Robey-Williams et al.[a3]	USA	199	65.0	34-87	Neurological, renal and respiratory units	≥1	UR	27	124	0	48	1.00 (0.87-1.00)	0.28 (0.21-0.35)	21.43 (1.28-358.20)

Abbreviations: SD, standard deviation; TP, true positive; FP, false positive; FN, false negative; TN, true negative; SN, sensitivity; SP, specificity; DOR, diagnosis odds ratio; UR, unreported; MFS, Morse Fall Scale; STRATIFY, St. Thomas Risk Assessment Tool in Falling elderly inpatients; TNH-STRATIFY, the Northern Hospital Modified STRATIFY; HDS, Hester Davis Scale; BMFRAS, Bobath Memorial Hospital Fall Risk Assessment Scale; JHFRAT, Johns Hopkins Hospital Fall Risk Assessment Tool; MMC, Maine Medical Center, Fall Risk Assessment/Interventions; NY, Falls and Injury Risk Assessment Tool/New York-Presbyterian; FRAT, Fall Risk Assessment Tool; CDS, Care Dependency Scale; SFRAT, Spartanburg Fall Risk Assessment Tool.

Table 2. Summary results of meta-analysis

Tools	No. of studies (patients)	Results of pooled diagnostic test accuracy (95% confidence interval)										Results of sROC curve	
		Sensitivity	I2 (%)	X^2	P	Specificity	I2 (%)	X^2	P	Positive likelihood ratio	Negative likelihood ratio	Diagnostic odds ratio	AUC (SE)	Q* (SE)
Morse Fall Scale	6 (9,255)	0.73 (0.68-0.78)	66.6	14.97	0.011	0.75 (0.74-0.76)	98.4	307.30	<0.001	2.52 (2.02-3.15)	0.41 (0.33-0.51)	6.91 (5.24-9.13)	0.79 (0.02)	0.72 (0.01)
Hendrich Ⅱ Fall Risk Model	4 (9,203)	0.60 (0.53-0.67)	62.7	8.04	0.045	0.66 (0.65-0.67)	97.8	137.74	<0.001	1.99 (1.63-2.42)	0.58 (0.44-0.75)	3.46 (2.30-5.20)	0.71 (0.04)	0.66 (0.03)
STRATIFY	4 (8,659)	0.67 (0.60-0.74)	89.3	27.91	<0.001	0.74 (0.73-0.75)	96.4	83.64	<0.001	2.82 (2.34-3.41)	0.40 (0.22-0.73)	8.02 (3.82-16.83)	0.82 (0.04)	0.75 (0.04)
Conley Scale	2 (2,316)	0.70 (0.61-0.78)	0.0	0.04	0.840	0.59 (0.57-0.61)	0.0	0.01	0.923	1.71 (1.51-1.94)	0.50 (0.38-0.67)	3.39 (2.27-5.08)	-	-
Others fall risk assessment tools	8 (12,157)	0.76 (0.72-0.79)	79.8	34.67	<0.001	0.63 (0.62-0.64)	98.2	389.12	<0.001	1.84 (1.55-2.18)	0.41 (0.32-0.52)	4.92 (3.60-6.73)	0.72 (0.02)	0.67 (0.02)

Abbreviations: sROC, summary receiver operating characteristic; AUC, area under the curve; SE, standard error; STRATIFY, St. Thomas Risk Assessment Tool in Falling elderly inpatients.

3. 선택된 문헌의 일반적 특성

선택된 14편의 문헌에서 성인 입원환자에게 사용된 낙상위험사정도구는 모두 12종이었다. Morse 낙상도구가 6편[a2,a4-a8]으로 가장 많았고, Hendrich Ⅱ 낙상도구 4편,[a2,a4,a5,a9] St. Thomas 낙상도구 4편,[a4,a6,a10,a11] Conley 낙상도구가 2편,[a9,a10] 이외 8종의 낙상위험사정도구들은 각각 1편에서 보고되었다. 낙상위험사정도구들은 지역적 편향성은 보이지 않았고 비교적 다양한 국가에서 사용되었다. 모든 연구에서 낙상발생 위험은 간호사에 의해 입원 24-48시간 이내 측정되었으며, 급성기 병원 중 선택된 병동은 주로 일반적인 내·외과계 병동 중심이었다. 선택된 문헌은 대부분 300명 이상의 대규모 연구였고, 이 중 1,000명이 넘는 경우도 8편[a1,a3-a6,a9,a11-a13]이었다. 연구 대상자의 평균 연령은 40-60대였고, 2편[a1,a7]의 연구는 평균 70대이었으며, 남녀 성비는 큰 편차를 보이진 않았다. 모든 연구에서 낙상기준은 1회 이상 발생된 낙상자 수를 기준으로 판단하였다. 낙상위험사정도구별 경계점수는 Hendrich Ⅱ 낙상도구는 5점 이상을, St. Thomas 낙상도구와 Conley 낙상도구는 2점 이상을 기준으로 일관성 있게 낙상 위험을 판별하는 경향을 보였으나 Morse 낙상도구는 50점 이상이 3편[a2,a4,a5]이었고 이외 각각의 문헌에서 40점,[a6] 45점,[a8] 55점[a7] 등으로 다양한 양상을 나타냈다(Table 1).

4. 낙상위험사정도구들의 예측 타당도

성인 입원환자에게 사용된 낙상위험사정도구들의 예측 타당도 평가 결과는 선택된 문헌과 연구 대상자 수를 기준으로 기술하였다(Table 2).

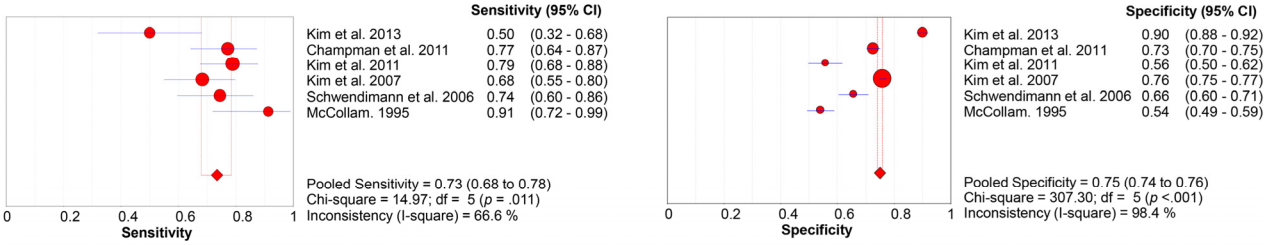
1) Morse 낙상도구

선택된 문헌 6편[a2,a4-a8]의 연구 대상자는 총 9,255명이었고 각 문헌들의 민감도(0.50-0.91)와 특이도(0.56-0.92)는 비교적 넓은 편차를 보였다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.73 (95% CI: 0.68-0.78), 문헌들 간 이질성은 66.6% (X^2=14.97, P=0.011)로 중간 정도였고, 통합 특이도는 0.75 (95% CI: 0.74-0.76), 문헌들 간 이질성은 98.4% (X^2=307.30, P<0.001), sROC AUC는 0.79 (standard error [SE]=0.02), Q*값은 0.72 (SE=0.01)이었다(Figure 3).

2) Hendrich Ⅱ 낙상도구

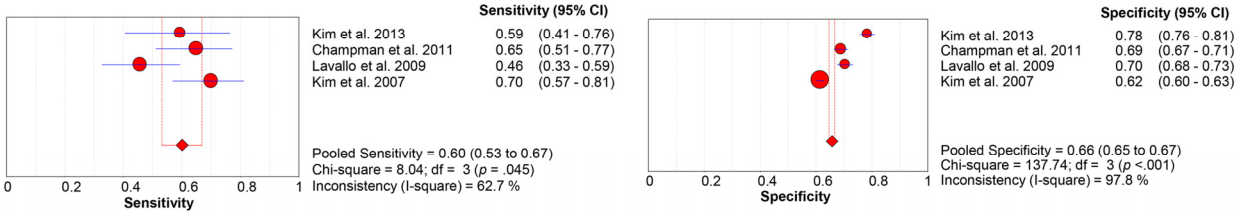
선택된 문헌 4편[a2,a4,a5,a9]의 연구 대상자는 총 9,203명이었고, 각 문헌들의 민감도는 0.46-0.70, 특이도 0.62-0.78로 비교적 편차는 크지 않았다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.60 (95% CI: 0.53-0.67), 문헌들 간 이질성은 62.7% (X^2=8.04, P=0.045)로 중간 정도였고, 통합 특이도는 0.66 (95% CI: 0.65-0.67), 문헌들 간 이질성은 97.8% (X^2=137.74, P<0.001), sROC AUC는 0.71 (SE=0.04), Q*값은 0.66 (SE=0.04)이었다(Figure 4).

Figure 3. Predictive validity of Morse Fall Scale in selected studies.



Abbreviation: CI, confidence interval.

Figure 4. Predictive validity of Hendrich Ⅱ Fall Risk Model in selected studies.



Abbreviation: CI, confidence interval.

3) St. Thomas 낙상도구

선택된 문헌 4편[a4,a6,a10,a11]의 연구 대상자는 총 8,659명이었다. 이는 Barker 등[a10]의 연구에서 1997년 Oliver 등[12]에 의해 개발된 5개 항목의 위험요인를 측정하는 기존 STRATIFY와 호주의 노든 병원(the Northern hospital, TNH)에서 9개 항목으로 수정 보완한 TNH-STRATIFY가 이용되었다. 각 문헌들의 민감도는 0.35-0.85, 특이도는 0.69-0.93의 범위였다. 기존 St. Thomas 낙상도구의 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.67 (95% CI: 0.60, 0.74), 통합 특이도는 0.74 (95% CI: 0.73, 0.75)이었고 문헌들 간 이질성은 각각 89.3% (X^2=27.91, P<0.001), 96.4% (X^2=83.64, P<0.001)로 높은 수준을 보였다. sROC AUC는 0.82 (SE=0.04), Q*값은 0.75 (SE=0.04)이었다. TNH-STRATIFY의 민감도는 0.65 (95% CI: 0.43-0.84), 특이도는 0.79 (95% CI: 0.73-0.84)이었다(Figure 5).

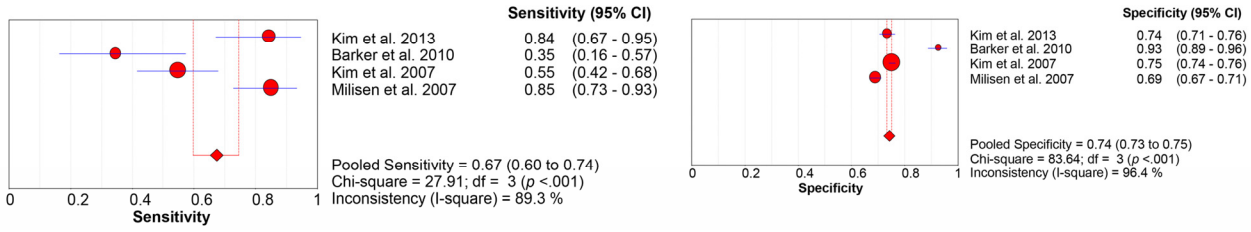
4) Conley 낙상도구

Conley 낙상도구는 비록 2편[a1,a9]의 문헌(총 2,316명)에서 보고되었으나 선택된 연구 모두 1,000명 이상의 대규모 연구여서 메타분석하였다. 통합 민감도는 0.70 (95% CI: 0.61-0.78), 통합 특이도는 0.59 (95% CI: 0.57-0.61)였고 문헌들 간 이질성은 각각 0.0% (X^2=0.04, P=0.840), (X^2=0.01, P=0.923로 전혀 없었다(Figure 6).

5) 기타 낙상위험사정도구

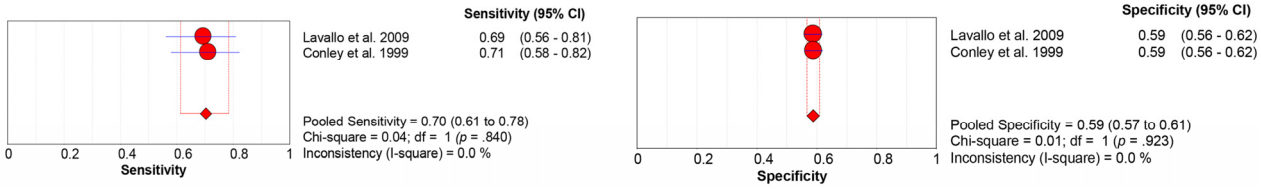
선택된 6편[a2,a3,a5,a12-a14]의 문헌(연구 대상자는 총 12,157명)에서 모두 8종의 낙상위험사정도구들의 예측 타당도가 보고되었다. 각 문헌들의 민감도는 0.64-1.00으로 다양하였고,

Figure 5. Predictive validity of St. Thomas Risk Assessment Tool in Falling elderly inpatients in selected studies.



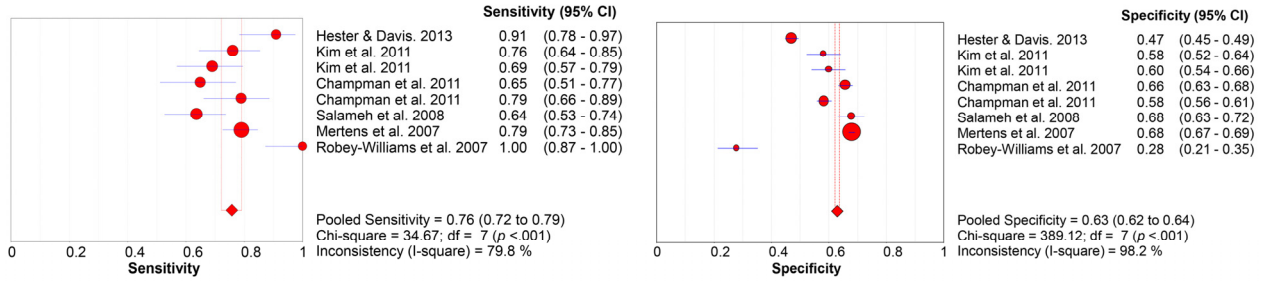
Abbreviation: CI, confidence interval.

Figure 6. Predictive validity of Conley Scale in selected studies.



Abbreviation: CI, confidence interval.

Figure 7. Predictive validity of others fall risk assessment tools in selected studies.



Abbreviation: CI, confidence interval.

특이도는 0.28-0.68의 범위를 보여 다른 도구들에 비해 상대적으로 낮은 수치를 나타냈다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.76 (95% CI: 0.72-0.79), 통합 특이도는 0.63 (95% CI: 0.62-0.64), 문헌들 간 이질성은 각각 79.8% (X^2=34.67, P<0.001), 98.2% (X^2=389.12, P<0.001)로 높았고, sROC AUC는 0.72 (SE=0.02), Q*값은 0.67 (SE=0.02)이었다 (Figure 7).

고 찰

병원에서의 입원환자 낙상은 시급히 해결해야 할 주요한 환자안전 이슈이다. 더욱이 2016년 7월 29일부터 시행된 환자안전법(법률 제13113호, 2015.1.28. 제정) 제2조에 의거, 의료기관은 환자안전사고의 예방 및 재발 방지를 위한 계획과 활동 전략을 수립하여야 한다. 낙상관리는 잠재적 위험이 있는 대상을 선별하고, 이를 적절히 관리하여 궁극적으로 낙상발생을 최소화하는데 그 목적을 두고 있다. 따라서 낙상 위험 대상을 선별하는데 사용되는 낙상위험사정도구의 예측 타당도는 중요한 선택요건이 된다. 그러나 아쉽게도 우리는 어떤 선별도구가 얼마나 낙상을 잘 예측하는지에 대한 적절한 근거를 갖고 있지 못하다.

이에 본 연구는 비교적 병원에서 입원환자를 위해 널리 사용하고 있는 낙상위험사정도구를 확인하고, 이를 보다 효율적으로 활용하기 위해 진단법 평가연구들의 메타분석을 통해 정량적인 분석 결과를 제공하고자 시도되었다. 비록 그간 여러 차례 체계적 문헌고찰과 메타분석 연구[3,16-20]들이 수행되었지만 본 연구는 주로 일반적인 내·외과계 병동에 입원한 18세 이상 성인 입원환자를 대상으로 가장 적절한 낙상위험사정도구를 확인하기 위해 처음 시도되었다는 점에서 의의가 있다.

선택된 14편의 문헌을 통해 검토한 결과, 성인 입원환자에게 사용되고 있는 낙상위험사정도구는 12종이나 되었다. 본 연구는 민감도나 특이도 등의 진단 정확도에 대한 결과를 기술한 연구만을 선택하였기에 제한점이 있지만 단지 14편의 연구에서 12종의 도구가 측정되었다는 점은 현재 임상실무에 매우 다양한 낙상위험사정도구들이 활용되고 있음을 추정할 수 있었다. 대표적인 도구로는 개발된 순서에 따라 Morse 낙상도구[9]가 가장 활발히 이용되었고, 이외 Hendrich Ⅱ 낙상도구[11]와 St. Thomas 낙상도구[12] 순이었고, 대부분 2000년 이전에 개발된 도구들이 다양한 국가에서 사용되는 경향을 보였다. 또한 여러 국가에서 자국에 적합한 낙상도구를 개발하기 위해 기존 도구를 수정 보완하거나[a10] 의료 환경과 무관하게 활용하기 위해 새로운 도구를 개발하기 위한 노력을 기울이고 있음을 파악할 수 있었다.[a2,a3,a5,a12-a14]

본 연구에서 18세 이상 성인 입원환자의 낙상 위험을 선별할 수 있는 가장 효과적인 낙상위험사정도구는 Morse 낙상도구였다. 사실 메타분석이 가능했던 4종의 낙상위험사정도구 중 민감도가 가장 높았던 것은 노인을 대상으로 개발된[12] St. Thomas 낙상도구(0.67, 95% CI: 0.60-0.74)였다. 기존 메타분석 연구[28]에서도 개발 당시처럼 노인에게 적용한 경우는 문헌들 간의 이질성도 줄고 비교적 높은 예측타당도를 보였으나 이외의 환자에서는 동일한 결과를 나타냈다. Hendrich Ⅱ 낙상도구는 4종 도구 중 민감도(0.60. 95% CI: 0.53-0.67)가 가장 낮은 양상을 보였고, 비록 2편 문헌[a8,a9]을 통한 메타분석이었지만 Conley 낙상도구는 가장 낮은 특이도(0.59. 95% CI: 0.57-0.61)를 나타냈다.

반면, Morse 낙상도구는 중간 정도의 이질성과 0.7 이상의 민감도와 특이도를 보였으며, sROC AUC도 0.79 (SE=0.02)를 나타내 중등도(0.7<AUC≤0.9)의 진단 정확도를 갖는 선별검사도구로 분석되었다. 따라서 가장 안정적으로 임상실무에서 적용할 수 있는 낙상위험사정도구로 평가할 수 있었으며, 특히 우리나라에서 Morse 낙상도구는 가장 많은 병원에서 사용하고 있어 본 연구 결과는 더욱 의미가 있다고 본다. 다만, Morse 낙상도구에서는 경계점수를 일관되게 적용하고 있지 않았다. 일반적으로 Morse 낙상도구는 51점 이상을 낙상 고위험으로 구분하는 경계점수를 사용하도록 제안하고 있으나[29] 이는 환자 돌봄이 제공되는 유형에 따라 다르게 적용될 수 있으므로[30] 본 연구에서는 연구자가 제시한 경계점수를 그대로 적용하였고 이를 별도 해석하지 않았다.

선택된 문헌에서 검토된 12종의 낙상위험사정도구들의 예측 타당도는 사실 큰 차이를 보이진 않았다. 가장 최근에 개발된 도구들은[a3,a12] 낙상이 발생할 대상을 고위험군으로 발굴하는 능력인 민감도를 높이려는 경향을 보였으나 0.5 이하의 낮은 특이도를 나타내 선별도구로서의 충분한 조건을 갖추지 못하였다. 또한 기존 도구들은 비교적 일정범위(0.6-0.7)의 민감도와 특이도 범주를 보였으나 위험 여부를 판별하는 경계점수는 일관적이지 않았다. 따라서 이 결과로만 해석하면, 현재의 낙상위험사정도구들은 임상에서 누구에게나 일정 기준에 따라 적용 가능한 표준화된 도구로 활용하기에는 적절하지 않다고 본다. 낙상은 여러 위험요인에 의해 발생되며, 그 요인들을 관점에 따라 구분할 수 있지만 사실 이는 한 가지 이상의 다양한 요인들과 복잡하게 연결되어 발생되므로 좀 더 예측 타당도를 높이기 위해서는 타깃 대상을 보다 구체화하거나 일부 항목을 보완 또는 새로운 낙상도구를 개발하는 방법도 필요할 것으로 보인다.

좋은 판별력을 가진 검사가 반드시 영향력 있는 검사가 되는 것은 아니지만 한 가지 도구로만 낙상 위험을 판별하

기보다는 낙상 고위험이 있다고 의심되는 경우 다른 도구를 함께 활용하여 현재 수준에서 낙상 위험의 예측 타당도를 높이는 노력들이 필요하다고 생각된다. 2015년 대한내과학회와 대한노인병학회가 공동으로 제정한 낙상예방 진료지침에서도 낙상예방을 위해 가장 우선되는 활동으로 낙상의 위험도 평가를 권고하고 있다.[31] 병원에 입원한 환자들은 질병으로 인한 의식상태, 배뇨나 수면, 투약 등의 치료적 조건들로 인해 낙상이 발생될 수 있지만 사실 낙상은 이외에도 근골격계 문제로 인한 균형의 상실과 같은 다양한 요인이 복합적으로 작용되며, 특히 연령에 민감하다. 따라서 본 연구에서는 선택된 문헌의 수적 한계로 인해 연령에 따른 낙상도구들의 진단정확도를 세분하여 분석하지는 못하였다는 제한을 갖는다. 이에 그간 낙상발생요인으로 검증된 위험요인들에 따라 구분된 분석을 통해 낙상위험사정도구의 타당도를 보다 높이기 위한 지속적인 연구가 요구되며, 특히 연령과 함께 균형능력에 문제가 있는 질환을 가질 가능성이 높은 노인을 대상으로 한 낙상위험사정도구의 유용성을 파악하기 위한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

연구배경: 본 연구는 성인 입원환자의 낙상위험을 선별하는데 가장 적절한 낙상위험사정도구를 확인하고자 시도되었다.

방법: 문헌검색을 위한 데이터베이스는 Ovid Medline, Embase, CINAHL, KoreaMed, 국가과학기술정보센터(NDSL) 등을 이용하였으며, 1946년부터 2014년까지 출판된 논문을 대상으로 하였다. 검색어는 'falls', 'fall risk assessment', 'fall screening', 'mobility scale'과 'risk assessment tool'을 활용하였다. 문헌의 질 평가는 Quality Assessment of Diagnositic Accuracy Studies-2를 사용하였고, MetaDisc 1.4 프로그램을 이용하여 메타분석하였다.

결과: 성인 입원환자에게 사용된 낙상위험사정도구들의 예측 타당도 평가 결과, More 낙상도구가 가장 효과적으로 낙상위험을 예측하는 것으로 분석되었다. Morse 낙상도구의 선택된 문헌은 6편으로, 연구대상자는 총 9,255명이었다. 메타분석 결과, 통합 민감도는 0.73 (95% CI: 0.68-0.78), 통합 특이도는 0.75 (95% CI: 0.74-0.76), sROC AUC는 0.79 (SE=0.02), Q*값은 0.72 (SE=0.01)였다.

결론: 성인 입원환자에게 Morse 낙상도구를 사용함으로써 보다 효과적으로 낙상위험을 사정할 수 있을 것이다. 이 결과는 성인 입원환자에 있어 환자 안전과 낙상사고 예방을 위해 보다 과학적인 근거를 제공한다.

중심 단어: 낙상사고, 민감도, 특이도, 메타분석

REFERENCES

1. World Health Organization. WHO global report on falls prevention in older age. Geneva: WHO Press; 2008.
2. Morse J. Enhancing the safety of hospitalization by reducing patient falls. Am Infect Control 2002;30(6):376-80.
3. Perrell KL, Nelson A, Goldman RL, Luther SL, Prieto-Lewis N, Rubenstein LZ. Fall risk assessment measures: an analytic review. J Gerontol A Biol Sci 2001;56(12):M761-6.
4. DiBardino D, Cohen ER, Didwania A. Meta-analysis: multidisciplinary fall prevention strategies in the acute care inpatient population. J Hosp Med 2012;7(6):497-503.
5. Hitcho EB, Krauss MJ, Birge S, Claiborne Dunagan W, Fischer I, Johnson, S, et al. Characteristics and circumstances of falls in a hospital setting. J Gen Intern Med 2004;19(7):732-9
6. Ledford L. Research-based protocol: prevention of falls. Iowa City: University of Iowa Gerontological Nursing Intervention Research Center; 1997.
7. Stalenhoef PA, Diederiks JP, Knottnerus JA, Kester AD, Crebolder HF. A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly: a prospective cohort study. J Clinl Epidemiol 2002;55(11):1088-94
8. The Victorian Quality Council. Minimizing the risk of falls & fall-related injuries: Guidelines for acute, sub-acute and residental care setting [Internet]. Melbourn Victoria: The Metropolitan Health and Aged Care Services Division Victorian Government Department of Human Services; 2004. [Accessed March 10, 2015]. http://www.health.vic.gov.au/qualitycouncil/downloads/falls/research.pdf.
9. Morse JM. Computerized evaluation of a scale to identify the fall-prone patient. Can J Public Health 1986;77(suppl 1):21-5.
10. Schmid NA. Reducing patient falls: A research-based comprehensive fall prevention program. Mil Med 1990;155(5):202-7.
11. Hendrich A, Nyhuuis A, Kippenbrock T, Soga ME. Hospital falls: Development of a predictive model for clinical practice. Appl Nurs Res 1995;8(3):129-39.
12. 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. BMJ 1997;315(7115):1049-53.
13. Poe SS, Cvach M, Dawson BP, Straus H, Hill, EE. The Johns Hopkins fall risk assessment tool: Postimplementation evaluation. J Nurs Care Qual 2007;22(4):293-8.
14. Korea Hospital Nurses Association. Safety management guidelines for nursing. 6th ed. Seoul: Hospital Nurses Association; 2005.
15. Korean Statistical Information Service. Condition of annual medical expenses per person by ages at inpatient [Internet]. Deajeon: Korean Statistical Information Service; 2015. [Accessed January 20, 2016]. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=350&tblId=DT_35001_A050&conn_path=I2.
16. Matarese M, Ivziku D, Barttolozzi F, Piredda M, De Marinis MG. Systematic review of fall risk screening tools for older patients in acute hospitals. J Adv Nurs 2015;71(6):1198-209.
17. Aranda-Gallardo M., Morales-Asencio JM, Canca-Sanchez JC, Barrero-Sojo S, Perez-Jimenez C, Morales-Fernandez A, et al. Instruments for assessing the risk of falls in acute hospitalized patients: a systematic review and meta-analysis. BMC Health Serv Res 2013;13:122.

18. Billington J, Fahey T, Galvin R. Diagnostic accuracy of the STRATIFY clinical prediction rule for falls: a systematic review and meta-analysis. BMC Fam Pract 2012;7(13):76.
19. Harrington L, Luquire R, Vish N, Winter M, Wilder C, Houser B, et al. Meta-analysis of fall-risk tools in hospitalized adults. J Nurs Adm 2010;40(11):483–8.
20. Muir SW, Berg K, Chesworth B, Klar N, Speechley M. Quantifying the magnitude of risk for balance impairment on falls in community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. J Clin Epidemiol 2010;63(4):389-406.
21. Deeks JJ, Bossuyt PM, Gatsonis C. Cochrane handbook for systematic reviews of diagnostic test accuracy version 1.0 [Internet]. London: The Cochrane Collaboration; 2010. [Accessed May 30, 2013]. http://srdta.cochrane.org/.
22. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. Ann Intern Med 2009;151(4):264-9.
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. Ann Intern Med 2011;155(8):529-36.
24. Zamora J, Abraira V, Muriel A, Khan KS, Coomarasamy A. Meta-DiSc: a software for meta-analysis of test accuracy data. BMC Med Res Methodol 2006;6:31.
25. Greiner M, Pfeiffer D, Smith RD. Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. Prev Vet Med 2000;45(1-2):23-41.
26. Walter SD. Properties of the summary receiver operating characteristic (SROC) curve for diagnostic test data. Stat Med 2002;21(9):1237-56.
27. Higgins JP, Thompson SG. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. Stat Med 2002;21(11):1539-58.
28. Park SH, Choi YK, Hwang JH. Predictive validity of the STRATIFY for fall screening assessment in acute hospital setting: a meta-analysis. Korean J Adult Nurs 2015;27(5):559-71.
29. Morse JM, Morse RM, Tylko SJ. Development of a scale to identify the fall-prone patient. Can J Aging 1989;8(4):366-77.
30. Morse JM. Predicting fall risk. Can J Nurs Res 1998;30(2):11-2.
31. Kim KI, Jung HK, Kim JC, Kim SK, Cho HH, Kim DY, et al. Evidence-based Guideline for Fall Prevention in Korea. Korean J Med 2015;89(6):752-80.

Appendix. Review paper list

a1. Conley D, Schultz AA, Selvin R. The challenge of predicting patients at risk for falling: Development of the Conley scale. Medsurg Nurs 1999;8(6):348-54.

a2. 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 Nurs Res 2011;5(1):28-37.

a3. Robey-Williams C, Rush KL, Bendyk H, Patton LM, Chamberlain D, Sparks T, et al. Spartanburg fall risk assessment tool: A simple three-step process. Appl Nurs Res 2007;20(2):86-93.

a4. 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 J Adult Nurs 2013;25(1):24-32.

a5. Chapman J, Bachand D, Hyrkas K. Testing the sensitivity, specificity and feasibility of four falls risk assessment tools in a clinical setting. J Nurs Manag 2011;19(1):133-42.

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. J Adv Nurs 2007;60(4):427-35.

a7. Schwendimann R, De Geest S, Milisen K. Evaluation of the Morse fall scale in hospitalised patients. Age Ageing 2006;35(3):311-3.

a8. McCollam ME. Evaluation and implementation of a research-based falls assessment innovation. Nurs Clin North Am 1995;30(3):507-14.

a9. Lovallo C, Rolandi S, Rossetti AM, Lusignani M. Accidental falls in hospital inpatients: Evaluation of sensitivity and specificity of two risk assessment tools. J Adv Nurs 2010;66(3):690-6.

a10. Barker A, Kamar J, Graco M, Lawlor V, Hill, K. Adding value to the STRATIFY falls risk assessment in acute hospitals. J Adv Nurs 2011;67(2):450-7.

a11. 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. J Am Geriatr Soc 2007;55(5):725-33.

a12. Hester AL, Davis DM, Hester AL, Davis DM. Validation of the Hester Davis scale for fall risk assessment in a neurosciences population. J Neurosci Nurs 2013;45:298-305.

a13. Mertens EI, Halfens RJ, Dassen T. Using the care dependency scale for fall risk screening. J Adv Nurs 2007;58(6):594-601.

a14. Salameh F, Cassuto N, Oliven A. A simplified fall-risk assessment tool for patients hospitalized in medical wards. Isr Med Assoc J 2008;10(2):125-9.