Original Article

고등학생용 축약형 수학불안 검사도구의 신뢰도와 타당도에 관한 연구

옥보명¹, 이창연², 고상숙³⁺

¹단국대학교 강사, ²단국대학교 연구원, ³단국대학교 교수

Reliability and Validity of Mathematics Anxiety Scale for High School Students

Bo-myung Ok¹, Changyeon Lee², Sang S. Choi-Koh³⁺

¹Lecturer, Dankook University, ²Researcher, Dankook University, ³Professor, Dankook University, South Korea

Abstract

본 연구에서는 Ko & Yi (2011)가 개발한 수학불안 검사도구인 Mathematics Anxiety Scale for Students (MASS)의 요인 구조를 평가하기 위해 고등학생 1272명의 MASS 응답 자료를 사용하여 요인분석을 수행하였다. 표본1 (636명)의 응답 자료에 대한 탐색적 요인분석 결과 원 척도인 MASS의 65문항 중 31문항이 제거되고, 4개 요인-수학문제해결, 수학학습방법, 수학시험, 수학수업-34문항의 고등학생용 수학불안 검사도구 MASS-Short Version (MASS-SV)을 도출하였다. 또한 표본2 (636명)의 응답 자료를 사용하여 MASS-SV에 대한 확인적 요인분석을 실행한 결과 모형 적합도 지수가 '무난한 적합도'를 보였고, 원 척도인 MASS의 모형 적합도 지수와 크게 다르지 않은 결과를 보였다. 본 연구에서 도출한 MASS-SV는 타당도와 신뢰도가 검증된 고등학생용 수학불안 측정 도구로써, 많은 수의 검사 문항들이 주는 학생들의 부담감을 덜어 줄 것이므로 성실하고 의미 있는 학생들의 응답을 기대할 수 있다.

핵심어: 수학불안 요인, 수학불안 검사 도구, 요인분석, 타당도, 신뢰도

This study evaluates the factorial structure of the Mathematics Anxiety Scale for Students (MASS) using data from 1,272 high school students. To this end, we used the mathematical anxiety rating scale for middle and high school students developed by Ko and Yi (2011). An exploratory factor analysis of the response data from the first sample (636 students) eliminated 31 of the 65 items of the original MASS, generating the MASS-Short Version (MASS-SV), a mathematical anxiety scale for high school students with four factors-mathematical problem solving, mathematical learning methods, mathematics test, and mathematics class. A confirmatory factor analysis of the MASS-SV using the responses of the second sample (636 students) revealed that the model fit indices were acceptable and did not differ significantly from those of the original MASS. The MASS-SV derived from this study is a valid and reliable mathematical anxiety measurement tool for high school students; it also helps the students save time and provide quality responses. Future research on the progress of math anxiety in students should identify trends in math anxiety or the relationship between variables such as achievement, attitude toward mathematics, and career path in relation to math anxiety.

Keywords: mathematical anxiety scale, exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, reliability, validity

Received: April 1, 2021 Revised: April 21, 2021 Accepted: April 27, 2021

⁺Correspondence: Sang S. Choi-Koh, sangch@dankook.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Society of Educational Studies in Mathematics

I. 서론

심리학자들의 말을 빌리지 않더라도 우리는 일상의 어떤 상황에 대해 불안을 가지고 있다면, 그 상황을 싫어하게 되고 피하려고 했던 경험을 가지고 있다. 같은 맥락에서, 수학불안을 가진 학생은 수학을 싫어하며, 학교에서 수학 과목을 선택하지 않거나 수학 지식을 요구하는 직업을 가지려 하지 않는 등 수학을 기피하는 행동을 보인다(Suinn & Winston, 2003; Chang & Cho, 2013). 또한 여러 선행연구의 결과로부터 높은 수학불안을 보이는 학생은 수학 과목에서 낮은 성취를 보이는 것으로 알려져 있다(e.g., Ashcraft & Krause, 2007; Cho, 2010; Hembree, 1990; Heo, 1996; Hwang & Lew, 2018; Lew, 2017; Luttenberger, Wimmer, & Paechter, 2018; Shim, 2000; Suinn & Winston, 2003). 따라서 수학불안은 수학 교과와 교수·학습과 관련하여 중요한 연구주제라고 할 수 있다.

초기의 수학불안에 관한 연구들은 수학불안을 정의하고, 수학불안을 측정하기 위한 표준화된 검사도구의 개발에 대하여 수행되었다. Richardson & Suinn (1972)은 수학불안을 “다양한 일상생활과 학습 상황에서 수의 조작과 수학적 문제 해결을 방해하는 긴장과 불안감(p.551)”으로 정의하고, 98개 문항으로 이루어진 수학불안 검사 도구인 Mathematics Anxiety Rating Scale (이하, MARS)를 개발하였다. MARS는 전 세계적으로 가장 많이 사용되고 연구된 수학불안 측정도구의 하나이다. 그 후 수학불안과 관련하여 가장 활발하게 이루어진 연구 분야는 크게 세 가지로 나누어 살펴볼 수 있다. 첫째, 표준화된 수학불안 측정도구의 개발 및 타당도 그리고 수학불안의 요인에 관한 연구(e.g., Baloglu, 2010; Fennema & Sherman, 1976; Ferguson, 1986; Pajares & Urdan, 1996; Primi et al., 2014; Primi et al., 2020; Round & Hendel, 1980; Suinn & Edwards, 1982; Wigfield & Meece, 1998)와 둘째, 수학불안에 영향을 주는 변인들 및 수학불안과 수학 학습 성취도와와의 관련성에 대한 연구(e.g., Ahmed et al., 2011; Ashcraft, 2002; Betz, 1978; Choi, 1988; Hill et al., 2016; Ho et al., 2000; Hwang & Lew, 2018; Kargar, Tarmizi, & Bayat, 2010; Ko & Yi, 2012) 그리고 셋째, 수학불안을 감소시키기 위한 전략 혹은 처치 프로그램의 개발 및 효과에 관한 연구이다(e.g., Blazer, 2011; Eun & Lee, 1994; Hembree, 1990; Iossi, 2007; Kim & Choi, 2019; Park & Cho, 2017; Passolunghi et al., 2016; Verkijika & De Wet, 2015; Yoon & Jeon, 2010).

수학불안과 관련된 연구를 수행하고 수학불안을 줄이기 위한 처치프로그램을 계획함에 있어서, 수학불안을 측정하고 개인들 간의 수학불안의 수준을 비교하는 것은 필수적이다(Luttenberger et al., 2018). 따라서 타당도와 신뢰도를 검증받은 수학불안 측정 도구의 개발은 수학불안 연구에서 중요한 부분이라고 할 수 있다. 대학생을 대상으로 98 문항 단일요인의 MARS가 개발된 1972년 이후 많은 국외연구에서 MARS의 수정 및 타당도 연구를 수행하여 수학불안의 요인들을 확인하거나 문항수를 줄였다(e.g., Baloglu & Zelhart, 2007; Ferguson, 1986; Hopko et al., 2003; Plake & Parker, 1982; Suinn & Edwards, 1982; Suinn & Winston, 2003).

우리나라 학생들의 수학불안 정도를 측정하기 위한 검사 도구의 개발에 대한 대표적인 연구로는 Heo (1996)의 고등학생용 수학불안 요인 평가도구(106문항)의 개발, Ko & Yi (2011)의 중·고등학생용 수학불안 검사도구 Math Anxiety Scale for Students (이하, MASS)의 개발 및 타당화 연구, Kim, Im, & Kim (2011)의 고등학생 수학불안 척도의 개발 및 타당화 연구, Chang & Cho (2013)의 대학생용 수학불안 평가 척도(20문항)의 개발 및 타당화 연구 등이 있다. 신뢰도와 타당도가 검증된 고등학생용 검사도구는 Kim et al. (2011)와 Ko & Yi (2011)이다. 현재 고등학생들의 수학불안 처치를 위해 정확한 수학불안 요인 및 정도를 측정하기 위한 수학불안 검사도구가 필요한 실정이다. Kim et al. (2011)은 수학불안 요인을 상황(학습, 평가)과 반응(정동, 인지)으로 구분하여 수학불안을 학습정동, 학습인지, 평가정동, 평가인지로 재개념하였으나, 본 연구자들은 Ko & Yi (2011)의 MASS로부터 도출된 수학불안 요인들

(e.g., 수학내적 요인, 학습방법 요인 등)이 수학불안을 이해하고 처치 프로그램을 계획하기에 더 적합하다고 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 현재 고등학생들의 수학불안 요인을 재검증하기 위해 Ko & Yi (2011)의 중·고등학생용 수학불안 검사도구인 MASS의 응답 자료를 사용하여 탐색적 요인 분석과 확인적 요인 분석을 수행하고, 그 결과를 통해 좀 더 의미 있는 문항들로 MASS를 재구성하고자 하였다.

II. 이론적 배경

1. 수학불안 검사도구

대학생을 대상으로 98문항 단일요인으로 개발된 수학불안 척도인 MARS는 여러 연구에서 높은 신뢰도와 타당도가 검증된 검사도구 중 하나이다(Vehedi & Farrokhi, 2011). 그러나 MARS는 문항수가 많아서 시행과 채점을 하기에 많은 시간이 소요된다는 점과 개발 당시에 하나의 요인을 가정하였다는 점에서 수학불안의 다차원성을 확인하고, 문항수를 줄이려는 연구가 활발히 수행되었다(e.g., Alexandar & Cobb, 1989; Ferguson, 1986; Plake & Parker, 1982; Round & Hendel, 1980). Round & Hendel (1980)은 수학불안 프로그램 참여자인 350명의 여성(평균나이 35.6세)의 MARS 응답 자료에 대한 요인 분석을 실시하였다. 그 결과 2개 요인 '수학시험 불안(mathematics test anxiety)'과 '수 불안(numerical anxiety)'으로 구성된 30문항을 도출하였다. Plake & Parker (1982)는 통계학 수업에 참여한 대학생과 대학원생의 MARS 응답 자료의 요인분석을 통해 2개 요인- '수학학습 불안(learning mathematics anxiety)'과 '수학시험 불안(mathematics evaluation anxiety)' 24문항 MARS-R을 도출하였다. Hopko et al. (2003)는 대단위 집단(1,239명)의 MARS-R 응답 자료에 대한 요인분석을 통해 2개 요인- '수학학습 불안'과 '수학시험 불안' 9문항 AMAS를 도출하였다. MARS와 함께 성인용으로 가장 널리 사용되는 수학불안 검사도구로 RMARS (Baloglu & Zelhart, 2007)는 MARS로부터 3개 요인- '수학시험 불안(mathematical test anxiety)', '수학수업 불안(mathematics course anxiety)', '수 과제 불안(numerical task anxiety)' 25개의 문항을 도출하였다. 한편, MARS의 초·중등학생용 검사도구의 개발 및 타당도 연구들도 수행되었는데 대표적으로 개발된 수학불안 측정 도구로는 MARS-A와 MARS-E가 있다. Suinn & Edwards (1982)는 MARS의 문항들을 청소년들에게 맞게 수정하거나 추가하여 1,200명의 중·고등학생에게 설문을 시행하여 얻은 응답 자료를 분석한 결과 2개 요인-수 불안과 수학시험 불안 98문항으로 이루어진 MARS-A를 도출하였으며, Suinn, Taylor, & Edwards (1989)는 1,119명의 초등학교 고학년 학생들의 응답 자료를 분석하여 26개의 문항으로 구성된 MARS-E를 개발하고 신뢰도와 타당도를 검증하였다.

수학불안 검사도구의 타당도와 신뢰도 검증을 통해 규명된 대표적인 수학불안 요인으로는 'learning mathematics anxiety (이하, 수학학습 불안)', 'mathematics test anxiety (이하, 수학시험 불안)', 'numerical anxiety (이하, 수 불안)', 'mathematics course anxiety (이하, 수학수업 불안)', 'numerical task anxiety (이하, 수 과제 불안)' 등이 있다. 초기 MARS의 요인분석을 통해 도출된 두 요인으로는 수학시험 불안과 수 불안(e.g., Round & Hendel, 1980) 그리고 수학시험 불안과 수학학습 불안(e.g., Plake & Parker, 1982; Suinn & Edwards, 1982) 있으며, 3개 요인의 대표적인 연구로는 Alexander & Martray (1989)가 MARS로부터 3개 요인- 수학시험 불안, 수학수업 불안, 수 과제 불안을 도출하였다(Baloglu & Zelhart, 2007, p. 595에서 재인용). 그 후 Kazelskis

(1998)¹⁾는 6개 요인- 수학시험 불안, 수 불안, 수학수업 불안, 걱정(worry), 수학에 대한 긍정적 정서(positive affect toward mathematics), 수학에 대한 부정적 정서(negative affect toward mathematics)를 도출하였다.

수학불안 검사도구의 개발 및 타당도를 검증한 대표적인 국내 연구로는 Heo (1996), Ko & Yi (2011), Kim et al. (2011), Chang & Cho (2013) 등이 있다. Heo (1996)의 연구에서는 고등학생들의 수학불안을 105문항 5개 요인-수 학교과 요인, 수학성취 요인, 인지 요인 및 부정적 생각, 수학에 대한 태도, 교사 요인으로 구성된 모형을 제시하였다. Heo (1996)의 수학불안 검사도구는 국내에서 가장 많이 활용되어 왔으나, 문항 수가 많고 고등학생용이어서 대부분의 연구자들은 자신의 연구대상과 연구목적에 맞게 문항수를 줄이거나 문항내용을 수정하여 사용하였다. Chang & Cho (2013)은 대학생용 수학불안 평가 척도를 개발하고 타당도를 검증한 연구 결과, 20문항으로 구성된 4개 요인 모형을 도출하였으며 각 요인은 수학의 추상성 및 언어 구조, 수학 자신감 결여, 평가 불안, 학습 불안으로 확인되었다. Ko & Yi (2011)의 중·고등학생용 수학불안 검사도구인 MASS는 4개 요인-수학내적 요인, 학습방법 요인, 시험 및 성적 요인, 수학외적 요인 총 65문항으로 구성되었다. Kim et al. (2011)는 수학에 대한 '학습-평가' 차원과 '정동-인지' 차원이 교차하는 2x2모형에 기초한 고등학생용 28문항의 수학불안 검사 도구를 개발하였다.

2. 검사도구의 요인 분석

수학불안 검사도구를 개발하는 과정에는 반드시 검사도구의 타당도와 신뢰도의 검증이 포함된다. 신뢰도는 재검사 신뢰도, 동형검사 신뢰도, 내적일관성 신뢰도 등이 있으며, 내적일관성 신뢰도로 Cronbach α 가 주로 사용된다 (Seong, 2009). 타당도는 검사내용에 기초한 근거를 의미하는 내용타당도와 내적 구조에 기초한 근거인 구인타당도 (construct validity) 그리고 다른 변수에 기초한 근거인 예측타당도와 공인타당도(concurrent validity) 등이 있다. 구인타당도를 검증하는 방법으로 가장 많이 사용되는 통계적 방법은 요인분석이며, 요인분석에는 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석이 수행된다(Noh, 2016). 탐색적 요인분석(Exploratory Factor Analysis: 이하 EFA)은 말 그대로 제작한 검사도구의 요인을 연구자가 탐색하는 과정으로, 반드시 수행되어야 할 절차가 정해져 있지 않지만 많은 옵션들을 가진 복잡한 과정임은 분명하다(Costello & Osborne, 2005). 선행연구들에서는 EFA를 수행한 연구들의 공통된 절차들을 조사한 후, EFA 수행함에 있어서 최선의 결과를 얻기 위한 필수적인 절차들과 그 기준을 소개하였다 (e.g., Costello & Osborne, 2005; Rattray, & Jones, 2007; Kang, Jo, & Oh, 2013). 본 연구자가 선행연구들의 조사를 통해 EFA의 주요 과정과 기준을 정리한 것은 Figure 1과 같다.

EFA의 주요 과정과 EFA를 통해 구성 요인을 탐색하는 과정에서 검사도구의 문항들이 채택되거나 제거된 후 모형이 완성된다. 다음으로 확인적 요인 분석(Confirmatory Factor Analysis: 이하 CFA)을 수행하여 모형 적합도를 검증함으로써 검사도구의 구인타당도를 확인한다(Costello & Osborne, 2005).

1) 가장 널리 사용되는 3개의 수학불안 측정 도구 RMARS (Alexander & Martray, 1989; Baloğlu & Zelhart, 2007, p.595에서 재인용), MAQ (Wigfield & Meece, 1988), MAS (Fennema & Sherman, 1976)의 요인 구조를 조사함.

Figure 1 Process and Criteria of EFA

Table 1 Organization of study participants by group and gender

집단	성별		계
	남	여	
표본1	358	278	636
표본2	374	262	636
전체	732	540	1,272

III. 연구 방법

1. 연구 대상

서울시와 경기도 소재 5개 인문계 고등학교 1학년 학생들 1,303명의 MASS 검사 도구 응답 자료는 2019년 여름방학 EBS의 '수학불안 캠프' 참여를 위한 사전 설문 조사로부터 얻어졌다. 이 중 모든 문항에 한 번으로 응답한 학생 31명의 자료를 제외하고, 분석에 사용된 학생 응답은 총 1272개이다. 본 연구에서 사용된 두 개의 다른 표본 집단(표본 1과 표본 2)은 1272명의 집단을 SPSS를 사용하여 임의 반분으로 얻어진 각각 636명의 응답 자료이다. 탐색적 요인 분석은 표본 1에서 확인적 요인 분석은 표본 2에서 수행되었다. 연구 참여자의 집단별, 성별 구성은 Table 1과 같다.

2. 검사 도구

고등학생들에게 실시된 설문지는 학교와 성별을 표시하는 문항과 함께 MASS 검사 문항²⁾으로 구성되었다. MASS는 2,339명의 중·고등학생의 MASS 응답을 사용하여 EFA 수행(주축 분해법과 베리맥스 회전)한 결과 추출된 4개 요인이 총 분산의 48.5%를 설명하였고, 각 문항의 공통성은 0.343~0.652를 나타냈다(Ko & Yi, 2011). MASS는 4개의 하위요인-nature of mathematics (이하, 수학내적 요인), learning strategy (이하, 학습방법 요인), test/performance (이하, 시험 및 성적 요인), environment (이하, 수학외적 요인)으로 구성되어 있으며, 각 문항은 리커트 5점 척도로 구성되어 있으므로 문항 점수의 평균이 5에 가까울수록 수학 불안의 정도가 높음을 의미한다. MASS의 각 요인의 문항수와 요인별 신뢰도 값은 Table 2와 같고, CFA 결과 4개 요인 모형 적합도 지수는 Table 3과 같다.

3. 검사 과정

2019년 EBS의 ‘수학불안 캠프’에 참여를 신청한 각 고등학교에서 학교장의 허락 하에 1학기 1차 지필평가 후 교실에서 조례시간을 이용하여 MASS검사가 실시되었다. 이 설문과 연구의 목적을 알고 있는 각 반의 담임교사가 학생들에게 설문과 연구의 목적을 설명한 후, 10분~15분 동안 검사가 실시되었다. 자료의 기술 통계치와 탐색적 요인 분석은 IBM SPSS Statistics 23.0 그리고 확인적 요인 분석은 IBM AMOS 26.0 통계 프로그램을 사용하였다.

4. 자료 분석

기초 문항분석은 평균과 표준편차가 극단적인 값을 가지는지, 첨도의 절댓값이 4작은지 왜도의 절댓값이 2보다 작은지를 통해 정규성을 확인하였다. 그리고 문항들의 내적 일관성을 검토하기 위해 문항을 제거하였을 때 신뢰도 계수를 살펴보았다(Chang & Cho, 2013).

Table 2 Factors and reliability values in the MASS (Ko & Yi, 2011, p. 515)

하위요인	문항수	Cronbach α	검사-재검사 신뢰도
수학내적	22	.947	.762
학습방법	21	.951	.734
시험 및 성적	9	.902	.731
수학외적	13	.887	.700
총계	65	.976	.770

Table 3 Model goodness-of-fit index for the MASS (Ko & Yi, 2011, p. 519)

χ^2	df	p-value	NFI	CFI	TLI	RMSEA
12,279.534	1,999	0.000	0.928	0.933	0.906	0.075

2) MASS 수학불안 검사지는 Choi-Koh, Ko, Park, Han, & Hong (2012) pp.426-429에 수록되어 있음.

표본1은 MASS의 구성요인들을 추출하기 위해 EFA를 수행하였고, 표본2는 표본1에서 도출한 구성요인에 대한 모형 구조의 타당성을 검증하기 위해 CFA를 수행하였다(e.g., Baloglu & Zelhart, 2007). EFA는 표본1의 총 636명의 설문 응답 자료를 사용하였으며, 결측치는 계열 평균값으로 대체하였다. 요인분석을 하는 것이 적절한지를 확인하기 위해 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)측정치를 통해 표본의 적절성을 검토하고, Bartlett의 구형성 검증을 통해 상관행렬의 사용 적절성을 평가하였다. KMO값은 1에 가까울수록 표본의 상관이 요인분석을 적용하기에 적합하다는 의미이다. 또한 구형성 검정의 영가설은 상관행렬 자료가 단위행렬이라는 것이므로 이를 기각해야 요인분석을 수행하기에 적절하다고 판단할 수 있으며, 보통 명목 유의수준 .05를 기준으로 영가설 기각 여부를 결정한다³⁾. 원 척도인 MASS는 개발 당시 수학불안의 요인 수와 하위 요인이 검증되었으나 새로운 응답 자료를 통한 요인 구조를 확인하는 경우에도 적절한 요인의 수를 결정하는 과정이 필요하다(Kang et al. 2013). 요인추출 방법을 정하기 전에 추출 요인 수를 결정하기 위해 가장 많이 사용되는 방법으로는 Kaiser표준과 스크리 검사(scree test)가 있다. 산출된 고유치(eigenvalue)가 1 이상인 요인들로 요인의 수를 결정하는 Kaiser표준은 너무 많은 요인 수를 제공하며, 스크리 도표(scree plot)에서 기울기가 급격히 변하는 지점인 'break'를 찾는 스크리 검사는 주관적이어서 두 방법으로 요인 수를 결정하는 것은 정확하지 않다는 주장이 있다(e.g., Ferguson & Cox, 1993; Costello & Osborne, 2005). 이에 본 연구에서는 정확한 추출 요인 수를 결정하기 위해 관찰 자료와 같은 크기의 표본과 같은 수의 변수에 기초한 무작위 자료에서 찾은 고유값 집합을 비교하는 parallel analysis (이하, PA⁴⁾)를 추가하였다. 요인수를 결정 후 다음 단계인 요인 추출을 위해 연구자들이 주로 사용하는 방법으로는 주축분해법(principal axis factoring)과 최대우도법(maximum likelihood)이 있다(Noh, 2016). 요인분석의 회전방법은 직교(orthogonal) 회전 방식과 사교(oblique) 회전 방식이 있다. 직교회전은 회전축이 직각을 유지하며 회전하므로 요인들 간의 상관관계가 존재하지 않는다는 가정하고 회전 후에도 서로 독립이 되도록 회전하는 방법이며, 사교회전은 요인들이 서로 상관이 있다는 가정 하에서 요인 축들이 서로 직각이 되지 않도록 회전하는 방법이다(Costello & Osborne, 2005; Noh, 2016). 요인 상호 간에 상관이 없다고 믿는다면 직교회전을 실시하는 것이 논리적으로 타당하지만, 사회과학 분야에서는 관심 구인들 간에 상관관계가 존재하지 않은 경우가 거의 없기 때문에 대부분의 경우 사교회전으로 접근하는 것이 바람직하다(Costello & Osborne, 2005; Noh, 2016). 하지만 “직각회전은 결과가 간단하게 나와서 해석하기가 쉽고 사각회전은 결과가 복잡하게 나와서 해석하기가 어렵다(Noh, 2016, p.155).”는 의견도 있다. 어떤 회전 방식을 연구자가 선택하여 요인 분석을 할 것인가에 대한 다양한 의견들도 있다(e.g., Costello & Osborne, 2005; Ferguson & Cox, 1993). 본 연구에서는 주축분해법과 최대우도법 그리고 직교회전인 베리맥스와 사교회전인 오블리민을 모두 사용하여 각각의 결과를 분석하여 보았다.

공통성(communality)은 추출된 모든 요인들에 의해 설명되는 특정 변수의 분산을 나타낸다. 공통성은 본질적으로 상관계수이므로 요인적재량과 비슷하다고 이해하면 되고, 사회과학 자료의 경우 문항 공통성의 기준으로 0.40~0.70을 제안한다(Costello & Osborne, 2005).

요인 추출 방법과 요인 회전 방법을 결정한 후 연구자는 요인 패턴행렬⁵⁾로부터 요인을 정의할 변수를 채택할 ‘요인적재량(factor loading)’을 결정하여야 한다. 비회전이나 직교회전시 요인적재량이 잠재변수(요인)와 관찰변수(문

3) KMO>.5, Bartlett의 $p>.05$ 를 만족하면 요인분석을 실시하는 것이 적절하다고 판단할 수 있음(Noh, 2016, p.145).

4) Zwick & Velicer (1986)은 요인수를 결정하는 방법들을 비교한 결과 PA가 가장 정확한 과정이라는 것을 발견하였고, Ferguson & Cox (1993)은 PA 방법은 요인 수를 결정할 때 가장 좋은 옵션으로서 추천하였음. PA는 명령문을 사용하여 SPSS에서 결과를 얻을 수 있음.

5) 직교회전인 경우 회전된 요인행렬, 사교회전인 경우 패턴행렬을 통해 요인적재량을 알 수 있음.

항) 간의 상관관계를 의미하지만, 사교회전시에는 두 값이 일치하지 않게 된다. 요인적재량은 그 값이 클수록 해당 요인이 문항의 기저에 놓여 있을 가능성이 크다는 것을 의미한다(Kang et al. 2013). Agius et al. (1996)은 둘 이상의 요인에 0.40이상의 적재량을 가진 문항과 어떤 한 요인에도 0.39 이상의 적재량을 가지지 않는 문항을 제거하였다. Ferguson & Cox (1993)는 한 문항이 둘 이상의 요인에 0.40이상의 적재량을 보일 때 ‘이중적재(cross loading)’라고 정의하였다. 또한 이중적재인 경우 그 두 적재량의 차가 0.2보다 작은 경우에 그 문항을 제거하고, 그렇지 않은 경우는 제거하지 않고 둘 중 큰 적재량을 보이는 문항을 그 요인의 해석 문항으로 보았다. 이중적재 문항은 분석 후 반드시 제거하여야 하는데(Costello & Osborne, 2005), 2000년대 들어와서⁶⁾ 한 문항이 둘 이상의 요인에 0.32보다 큰 적재량을 보일 때 이중적재라고 정의하고, 이중적재인 문항을 제거하였다(e.g., Costello & Osborne, 2005; Okamura et al. 2016). 한편 Jensen et al. (2017)은 둘 이상의 요인에 적재량이 0.32이상인 문항과 가장 큰 요인 적재량이 0.32보다 크고 두 번째로 큰 요인 적재량과의 차이가 0.15보다 작은 경우 그 문항을 제거하였다(e.g., 요인1의 적재량=0.40, 요인2의 적재량=0.31인 경우 제거함). Kang et al. (2013)는 국내 교육 연구에서 요인 적재량을 해석하는 기준에 대한 분석 결과 0.40을 기준으로 적용한 경우가 가장 많음을 보고하였으나, 이중적재의 기준에 대한 분석 결과는 언급하지 않았다. 국내 연구 중에서 Kim & Kim (2017)은 요인 적재량이 0.40이하이거나, 둘 이상 요인에서 공통적으로 요인적재량이 0.32이상 적재되는 문항을 삭제하였다. 해석상 유의미한 요인적재량의 기준값을 연구자가 결정하는 것은 EFA 과정 중 중요한 부분이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 먼저 둘 이상의 요인에 0.40 이상의 적재량을 보인 문항을 이중적재로 보고 삭제하였다. 다음으로 가장 큰 적재량이 0.40이상이고 두 번째로 큰 적재량과의 차이가 0.20보다 작거나 같은 문항을 준이중적재⁷⁾로 보고 제거하였다. 이와 같이 EFA를 수행하여 34문항으로 이루어진 고등학생용 수학불안 검사도구를 도출하였다.

MASS-Short Version (이하, MASS-SV)의 4개 요인 34문항으로 이루어진 모형 구조의 타당성을 평가하기 위해 CFA를 실시하였다. MASS-SV의 CFA는 표본2의 총 636명의 자료를 사용하여 수행하였다. 모형 적합도 평가는 χ^2 값과 적합도 지수들(fit indices)을 이용하였다. χ^2 값은 표본 크기에 민감하게 반응하여 모형의 적합성을 현실적으로 평가하지 못하기 때문에(Kim et al. 2011; Hong, 2000), 표본 크기에 상대적으로 영향을 덜 받는 TLI (Tucker-Lewis index), CFI (comparative fit index), SRMR (standardize root mean square residual)과 RMSEA (root mean square error of approximation)를 기준으로 모형 적합도를 평가하였다. CFI와 TLI는 0.95보다 크면 ‘좋은 적합도(good fit)’이고 0.90 근처의 값이면 ‘무난한 적합도(acceptable)’를 보인다고 해석할 수 있고, RMSEA 값은 0.05이하면 ‘좋은 적합도’이고 0.08보다 작으면 ‘무난한 적합도’를 보인다고 해석하며, SRMR에 대하여 0.08보다 작으면 ‘좋은 적합도’를 나타낸다고 볼 수 있다(Looij-Jansen, Goedhart, Wilde, & Treffers, 2011).

IV. 결과 분석

1. 문항 기술 통계치

표본 1의 MASS 65문항의 평균은 1.92~3.40사이의 값을 가지고, 표준편차는 0.978~1.394의 범위로 나타나 극

6) Tabachnick & Fidell (2001)는 한 문항의 최소 적재량으로 그 요인에서 다른 문항에 10% 정도 중복되는 분산과 같게 되는 0.32를 언급함(Costello & Osborne, 2005, p.4에서 재인용).

7) ‘준이중적재’는 연구자가 명명하였음.

단적인 값을 가지지 않고, 왜도와 첨도도 정규분포 조건($|\text{왜도}| < 2$, $|\text{첨도}| < 4$)을 충족함을 확인하였다. 또한 문항들의 내적 일관성을 검토하기 위해 각 문항을 제거하였을 때의 Cronbach α 값을 조사한 결과, 전체 문항의 Cronbach α 값과 크게 다르지 않음을 확인하였다.

2. EFA 결과

표본 적절성의 KMO 측도는 0.979이고, Bartlett의 구형성 검증 유의확률 $p < 0.05$ 를 만족하므로 자료1의 요인분석을 위한 적절성을 충족하였다. 요인수를 도출하기 위해 고윳값이 1이상인 경우의 요인을 추출하는 Kaiser 1 법칙을 적용하면 총 8개 요인수가 도출되었다(Table 4). Figure 2에서 스크리 도표의 break를 찾아 2개와 5개 요인수로 해석하였다. 두 방법으로 요인수를 정확하게 결정하기가 모호하여 PA를 사용하였다.

PA방법을 적용한 결과, 무작위로 생성된 자료로부터 얻은 고윳값(1.519)이 요인5부터 본 연구의 자료에서 얻어진

Table 4 The eigenvalues of the factors and the total amount of variance described (extraction method: principal component analysis)

요인	초기 고윳값		
	전체	%분산	누적 %
1	30.502	46.925	46.925
2	3.087	4.750	51.675
3	2.332	3.588	55.263
4	1.870	2.878	58.141
5	1.299	1.998	60.139
6	1.132	1.742	61.881
7	1.085	1.669	63.550
8	1.068	1.643	65.193
9	.953	1.466	66.659

이하 생략

Figure 2 Scree plot

Table 5 Eigenvalues obtained from randomly generated data

요인	1	2	3	4	5	6
고웃값	1.687	1.631	1.589	1.551	1.519	1.4855

Table 4의 고웃값(1.299)보다 크게 나타났으므로 요인의 수를 4로 결정하였다(Table 5). 이것은 MASS의 모형에서 4개 요인으로 구성되었던 점과 일치하는 결과이기도 하다.

요인 추출을 위해 요인수를 4로 고정한 후, 요인 구조를 발견하기 위한 요인 추출 알고리즘으로써 주축 분해 방법과 최대우도법 그리고 회전방법은 직교회전인 베리맥스 회전과 사교회전인 오블리민 회전을 사용하여 각각의 결과를 해석하였다. 수학 불안의 하위 요인들 간의 관계가 독립적이라는 가정이 현실적으로 성립되기 어렵기 때문에 회전방법으로 요인 간에 상관이 있다고 가정하는 사교회전인 오블리민을 적용한 결과(Table 6)에 따르면, 4개 요인 모형으로 문항이 구분되지 않았다(요인3에 0.4 이상의 요인적재량을 보인 문항이 2개의 문항-32번과 50번으로 나타남). 직교회전인 베리맥스를 적용한 결과 Table 6과 같은 요인 구조를 발견하였다. 따라서 본 연구에서는 회전방법으로 베리맥스를 채택하였다.

요인 추출과 요인 회전 후 결과에서 도출된 문항별 요인 적재치가 오직 하나의 요인에서만 0.40 이상인 문항을 채택하였다. 또한 두 개 이상의 요인에 대하여 0.4보다 큰 적재량을 가지는 ‘이중적재’ 문항들(e.g., 문항11, 문항12, 문항13 등)과 제일 큰 적재량이 0.40이상이고 두 번째로 큰 적재량과의 차이가 0.20보다 작은 ‘준이중적재’ 문항들(e.g., 문항 17, 문항18, 문항20 등)을 제거하였다. 주축 분해 방법과 베리맥스 분석 후 요인1(14)요인2(10)요인3(8)요인4(4) 총 36문항과 최대우도법과 베리맥스 후 요인1(10)요인2(12)요인3(7)요인4(5) 총 34문항을 얻었다. 이 중 도출된 문항수가 더 적고 요인 간 문항차가 작은 최대우도법과 베리맥스의 결과 총 34문항을 MASS-SV으로 결정하였고, CFA를 시행하여 모형의 적합도를 검증하였다.

도출된 요인들의 내적 일관성은 Cronbach α 계수를 통해 검토되었다. 각 요인별 문항들 간 Cronbach α 의 값은 Table 7과 같다. Cronbach α 계수가 0.7이상이면 적절하다고 판단되는 신뢰도 기준에 모두 적절하였다(Chang & Cho, 2013).

도출된 34문항을 4개의 요인별로 구체적으로 살펴보면, 먼저 MASS의 수학내적 요인의 22개 문항 중에서 6개 문항(11번,12번,13번,15번,19번,22번)은 이중적재 되었고, 4개 문항(17번,18번,20번,21번)은 준이중적재로 제거되어 총 12개 문항이 남았다. 제거된 10개의 문항은 모두 MASS의 학습방법 요인과 (준)이중적재를 보였다(e.g., 11번 문항 ‘수학적 용어, 정의, 정리, 공식 등 외워야 할 것이 많이 나오면 불안해 진다’). EFA 결과 도출된 총 12개의 문항들(2요인)은 수학문제를 해결할 때 느끼는 다양한 어려움 때문에 경험하는 불안을 묻는 문항으로 이루어져서 ‘수학문제 해결’ 요인으로 명명하였다.

MASS의 학습방법 요인의 21개 문항들 중에서 6개 문항(24번,25번,28번,36번,37번,38번)은 이중적재로, 5개 문항(23번,26번,27번,29번,42번)은 준이중적재로 제거되어 총 10개 문항이 남았다(e.g., 28번 문항 ‘힌트나 풀이 없이 혼자서 문제를 풀려고 하면 불안해진다.’ 38번 문항 ‘수학은 아무리 열심히 해도 노력한 만큼 결과가 나오지 않아 잘 할 수 없다고 생각하기 때문에 불안하다.’). EFA 결과 도출된 총 10개의 문항들(요인1)은 수학학습 방법과 관련된 불안을 묻는 문항으로 구성되어 ‘수학학습방법’ 요인으로 명명하였다.

MASS의 시험 및 성적 요인의 9문항 중에서 2개 문항(49번,51번)은 준이중적재로 제거되어 총 7문항이 남았다. 제거된 2개 문항은 ‘시험을 위해 수학 공부를 어느 정도 해야 충분한지 몰라서 불안하다.’와 ‘예전에 풀었던 수학 문제

Table 6 Results of EFA

문항 번호	주성분 분석					최대우도/베리맥스				최대우도/오블리민			
	요인1	2	3	4	공통성	요인1	2	3	4	요인1	2	3	4
1	.659	-.021	.270	-.039	.509	.238	.588	.276	.174	.707	.018	.067	-.008
2	.711	-.051	.255	.013	.574	.285	.609	.258	.235	.711	-.006	.020	.072
3	.566	.066	.296	.029	.413	.111	.533	.263	.218	.644	-.102	.140	.087
4	.704	-.128	.231	-.067	.570	.352	.609	.234	.146	.728	.085	-.040	-.059
5	.730	-.029	.297	-.021	.623	.265	.650	.292	.213	.777	-.003	.062	.022
6	.708	.036	.319	-.068	.609	.211	.643	.347	.175	.779	.028	.141	-.034
7	.773	-.034	.317	-.033	.700	.282	.692	.311	.214	.831	.004	.066	.006
8	.620	-.096	.207	.011	.437	.287	.532	.188	.194	.623	.000	-.035	.049
9	.575	.066	.325	.052	.443	.094	.560	.253	.238	.685	-.154	.145	.110
10	.655	.030	.326	-.036	.537	.174	.618	.302	.182	.760	-.037	.131	-.006
11	.680	-.261	.171	.019	.560	.433	.574	.094	.187	.674	.021	-.202	.028
12	.625	-.319	.114	.045	.507	.463	.509	.021	.182	.588	.020	-.279	.051
13	.574	-.377	.071	.085	.484	.485	.458	-.058	.188	.523	-.009	-.355	.088
14	.606	-.094	.182	-.033	.411	.299	.506	.205	.153	.590	.069	-.031	-.006
15	.772	-.178	.160	-.044	.655	.455	.600	.229	.187	.677	.154	-.116	-.004
16	.680	-.019	.206	-.017	.505	.282	.547	.287	.210	.618	.073	.041	.053
17	.658	-.117	.179	-.031	.480	.342	.537	.213	.169	.620	.086	-.054	.003
18	.690	-.075	.151	-.051	.507	.356	.524	.272	.177	.579	.159	-.021	.009
19	.677	-.193	.139	.044	.516	.407	.529	.137	.228	.589	.042	-.156	.098
20	.689	-.070	.150	.034	.504	.340	.516	.238	.253	.555	.071	-.037	.128
21	.730	-.039	.100	-.057	.548	.389	.498	.328	.202	.510	.245	-.004	.042
22	.766	-.135	.062	-.040	.611	.483	.509	.271	.211	.514	.263	-.110	.052
23	.694	.029	.150	-.049	.507	.300	.501	.352	.206	.530	.182	.074	.051
24	.709	-.182	-.033	-.092	.546	.541	.416	.245	.144	.386	.387	-.171	-.015
25	.730	-.319	-.023	.040	.636	.602	.459	.093	.233	.443	.215	-.326	.119
26	.749	-.015	-.060	-.060	.569	.479	.376	.379	.232	.280	.433	-.036	.111
27	.693	-.134	-.028	.093	.507	.471	.388	.193	.313	.319	.189	-.169	.254
28	.778	-.149	-.004	-.061	.632	.540	.468	.285	.202	.437	.358	-.140	.046
29	.729	-.204	-.081	.010	.580	.575	.387	.201	.242	.313	.334	-.232	.142
30	.749	-.200	-.114	-.050	.617	.613	.375	.244	.202	.288	.441	-.226	.077
31	.666	-.317	-.179	.060	.580	.651	.298	.078	.247	.186	.336	-.379	.191
32	.640	-.351	-.203	.063	.578	.669	.272	.043	.234	.155	.342	-.418	.185
33	.722	-.102	-.232	-.130	.603	.624	.248	.356	.160	.080	.662	-.156	.040
34	.601	-.103	-.215	.055	.422	.515	.184	.216	.276	.006	.398	-.192	.261
35	.790	-.099	-.251	-.101	.708	.667	.268	.382	.214	.075	.682	-.168	.104
36	.761	.013	-.235	-.220	.684	.597	.246	.501	.124	.060	.802	-.030	-.033
37	.693	.140	-.219	-.097	.557	.457	.184	.508	.236	-.037	.653	.064	.162
38	.689	.085	-.244	-.157	.567	.511	.178	.495	.171	-.034	.730	.019	.068
39	.697	-.197	-.268	-.081	.603	.675	.224	.257	.174	.049	.620	-.266	.080
40	.618	-.190	-.233	.002	.472	.593	.202	.183	.215	.041	.463	-.266	.166
41	.695	-.133	-.214	-.046	.549	.602	.250	.281	.214	.088	.537	-.198	.132
42	.739	-.020	-.129	-.056	.566	.515	.315	.379	.238	.178	.498	-.064	.137
43	.770	-.102	-.178	-.017	.636	.601	.311	.323	.271	.152	.505	-.165	.187

Table 6 Continued

문항 번호	주성분 분석					최대우도/베리맥스				최대우도/오블리민			
	요인1	2	3	4	공통성	요인1	2	3	4	요인1	2	3	4
44	.675	.347	-.028	-.109	.588	.222	.278	.633	.247	.132	.497	.320	.147
45	.703	.356	-.060	-.184	.659	.264	.271	.691	.197	.114	.624	.335	.064
46	.722	.218	-.079	-.202	.616	.366	.299	.607	.156	.164	.643	.207	.000
47	.772	.259	-.066	-.222	.717	.368	.329	.668	.166	.191	.679	.252	-.006
48	.707	.266	-.127	-.177	.618	.354	.240	.631	.191	.061	.671	.229	.067
49	.686	.214	-.130	-.031	.534	.349	.230	.519	.300	.037	.500	.146	.246
50	.542	.454	.116	-.051	.516	-.006	.291	.605	.257	.213	.248	.456	.180
51	.659	.353	.040	.034	.562	.147	.313	.558	.361	.186	.267	.315	.318
52	.715	.380	.039	-.065	.661	.180	.344	.648	.301	.221	.401	.362	.204
53	.681	.304	.024	.129	.574	.181	.319	.493	.443	.174	.182	.242	.443
54	.602	.202	.013	.170	.432	.193	.288	.363	.425	.161	.097	.137	.447
55	.633	.071	-.034	.213	.452	.305	.295	.267	.448	.160	.087	-.011	.483
56	.598	.124	-.116	.337	.500	.282	.191	.249	.567	-.028	.041	-.017	.697
57	.604	-.003	-.072	.289	.454	.340	.261	.170	.491	.109	.020	-.108	.570
58	.693	.062	-.113	.320	.600	.372	.262	.254	.573	.054	.081	-.071	.673
59	.665	-.054	-.118	.286	.541	.431	.271	.169	.504	.096	.087	-.171	.578
60	.620	.227	.005	.242	.495	.183	.281	.360	.503	.129	.042	.139	.564
61	.629	.039	-.073	.367	.537	.319	.260	.180	.579	.081	-.042	-.089	.699
62	.528	.046	-.123	.419	.471	.277	.160	.122	.595	-.052	-.083	-.109	.768
63	.561	.404	-.051	.208	.524	.087	.165	.488	.501	-.053	.152	.293	.588
64	.589	.155	-.096	.329	.488	.250	.194	.268	.562	-.017	.031	.019	.688
65	.523	.367	.010	.246	.469	.044	.198	.416	.504	.025	.021	.271	.596
고유치	30.347	3.068	2.359	1.860		29.892	2.610	1.896	1.434	26.022	24.667	2.641	21.952
설명분산 비율	46.687	4.720	3.630	2.862		45.988	4.016	2.916	2.206				
누적분산 비율	46.687	51.407	55.037	57.899*		45.988	50.003	52.920	55.126**				

*주성분분석 결과로 추출된 요인들 4개가 전체 입력변수의 57.899%를 설명함

**추출된 요인 적재량은 55.126%를 설명함(일반적으로 사회과학 연구에서는 60%이상으로 확인함, Noh, 2016)

Table 7 Cronbach α by factor

요인(문항수)	요인1(10)	요인2(12)	요인3(7)	요인4(5)
Cronbach α	0.928	0.934	0.917	0.836

를 시험시간에 못 풀 것 같아 불안하다.’는 학습방법 요인과 수학외적 요인에 각각 이중적재 되었다. EFA 결과 도출된 총 7개의 문항들(요인3)은 수학 시험과 관련된 불안을 나타내는 것으로 ‘수학시험’요인으로 명명하였다.

MASS의 수학외적 요인의 13문항 중에서 4개 문항(53번, 59번, 63번, 65번)이 이중적재로 4개 문항(54번, 55번, 57번, 60번)이 준이중적재로 제거되어 총 5문항이 남았다. 제거된 8개 문항들은 학습방법 요인 혹은 시험 및 성적 요인과 (준)이중적재를 보였다(e.g., 53번 문항 ‘수학 시간에 친구들이 내가 모르는 것을 알고 있을 때 불안하다.’ 59번 문항 ‘교과서 진도가 너무 빨라서 불안하다’). EFA 결과 도출된 총 5개의 문항들(요인4)은 학교에서의 교사와 수업에서

기인한 불안을 나타내는 문항으로 보고 ‘수학수업’요인으로 명명하였다. EFA 수행 결과로 도출된 MASS-SV의 4요인 34문항의 내용, 평균, 표준편차, 원 척도 문항번호가 <Appendix>에 제시되어 있다.

3. CFA 결과

MASS-SV 4개 요인(34문항) 모형의 적합도를 평가하기 위해 자료2(636명)를 사용하여 CFA 수행 후 카이제곱 값과 적합도 지수들(NFI, CFI, TLI, RMSEA, SRMR)값은 Table 8과 같다. $NFI < 0.90$, $CFI > 0.90$, $TLI > 0.90$, $RMSEA < 0.08$, $SRMR < 0.08$ 으로 나타나 본 연구의 모형은 ‘무난한 적합도’를 보인다고 해석할 수 있다. MASS-SV의 CFA 검증모형은 Figure 3과 같고, 요인1 : 수학학습방법, 요인2 : 수학문제해결, 요인3 : 수학시험, 요인4 : 수학수업으로 명명하였다. CFA 결과 각 요인 간의 상관계수는 다음 Table 9와 같다. 또한 표준화된 모수 추정치(standardized parameter estimates)에 따르면, 수학문제해결 요인의 문항(7) “여러 가지 복합적인 개념을 다루는 문제를 접하면 불안해진다.”, 수학학습방법 요인의 문항(35) “수학은 이해하기 어려운 과목이라고 생각하기 때문에 불안을 느낀다.”, 수학시험 요인의 문항(45) “대학에 들어가기 위해 수학 성적이 좋아야 한다는 말을 들을 때 불안하

Table 8 Summary of fit indices for the four-factor models of the MASS-SV

χ^2	df	p-value	NFI	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
1769.817	521	0.000	0.880	0.912	0.905	0.061	0.0467

Figure 3 Factor structure of the CFA model of the MASS_SV

Table 9 Correlation among the four factors of the MASS-SV

	수학학습방법	수학문제해결	수학시험	수학수업
수학학습방법	1			
수학문제해결	0.58	1		
수학시험	0.77	0.82	1	
수학수업	0.50	0.39	0.50	1

다.”, 수학수업 요인의 문항(64) “학교에서 배운 수학 내용이나 풀이 방식이 학원이나 과외에서 배운 것과 다르면 불안하다.”가 각 요인에 가장 높은 적재량을 보였다(Figure 3).

V. 논의 및 제언

선행 연구들의 결과에 따르면 수학불안은 학생들의 수학 기초 과정에서부터 높은 수준의 과정에 이르기까지 수학 학습을 방해하고, 수학의 성취도에 부정적인 영향을 준다(e.g., Betz, 1978; Heo, 1996; Hwang & Lew, 2018; Lew, 2017; Sherman & Wither, 2003; Shore & Shannon, 2007; Shim, 2000). 이에 학생들이 수학 학습에서 경험하는 불안을 감소시키기 위해 학생들의 수학불안을 진단하고, 수학불안을 줄이기 위한 대처방안을 계획·실행하는 것은 수학 교과와 교수·학습 상황에서 필요하다. 이에 신뢰도와 타당도가 검증된 수학불안 검사도구의 개발은 학생들의 수학불안에 대한 진단뿐만 아니라 교육자와 연구자의 수학불안에 대한 이해 및 일관성 있는 연구를 위해 필수적이다.

본 연구에서는 1272명의 고등학생에게 시행한 수학불안 검사도구 MASS 응답 결과를 사용하여, 수학불안 요인 구조를 확인하고자 EFA와 CFA를 시행하였다. 시행 결과 원 척도인 MASS와 동일한 4개 요인 구조를 확인하였고, 원 척도 65문항에서 31문항이 제거된 34문항의 고등학생용 MASS-SV를 도출하였다(<Appendix> 참고). 도출된 4개 요인은 ‘수학문제해결’, ‘수학학습’, ‘수학시험’, ‘수학수업’으로 명명하였다. 본 연구에서 EFA를 수행한 결과, 추출된 4개 요인들이 전체 분산의 55.1%를 설명하였다. 이 결과는 원 척도인 MASS가 추출된 요인 4개가 전체 분산의 48.5%를 설명한 것과 비교하면 본 연구에서 도출한 4개 요인들이 더 큰 설명력을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 MASS-SV의 CFA를 수행한 결과로 얻은 모형 적합도 지수가 ‘무난한 적합도’를 보였고, 원 척도인 MASS의 모형 적합도 지수와 크게 다르지 않은 결과를 보였다. 따라서 본 연구 결과는 고등학생들의 수학불안 수준을 측정하기 위한 축약형 검사도구로 MASS-SV의 신뢰도와 타당도를 입증한 것이다.

본 연구에서 EFA 수행 결과 이중적재 혹은 준이중적재된 31개의 문항들이 제거됨에 따라, 제거된 문항들에 관한 해석과 논의가 이루어졌다. 예를 들면 원 척도의 22번 문항 “수학적 개념, 원리, 법칙 등을 이해하지 못해서 불안하다.”는 본 연구에서 도출한 MASS-SV의 요인1(수학학습방법)과 요인2(수학문제해결)에 이중적재되어 제거되었다. 이 문항은 고등학생들에게 두 요인의 불안을 모두 물어보는 문항이라고 해석할 수 있다. 특히 26번 문항 “수학은 학습량이 많다고 생각되기 때문에 불안하다.”는 MASS-SV의 요인1(수학학습방법), 요인2(수학문제해결), 요인3(수학시험) 모두 적재되었는데, 이는 수학 학습량이 너무 많기 때문에 수학을 공부할 때, 수학문제를 해결할 때, 수학시험을 볼 때 불안을 느낀다고 해석할 수 있다. 또한 65번 “학교에서 배웠더라도 나는 학원이나 과외들을 통해 복습을 하지 않으면 불안해진다.”는 요인3(수학시험)과 요인4(수학수업)과 이중적재 되었다. 학교수업에서 배운 내용을 사교육을 통해 복습하는 이유가 수학시험 불안과 관련이 있다고 해석할 수 있다. 논의를 통해 제거된 문항들의 의미를 전부 해석

할 수는 없었지만, 이러한 논의들을 통해 학생들의 수학 불안의 요인에 관한 이해를 시도하여 볼 수 있었다. 한편, 제 거된 문항이라도 연구자의 관점에서 수학 불안의 요인을 묻는 문항으로 꼭 필요하다는 의견이 제시되기도 하였다. 이런 경우에 상관관계가 더 높은 요인을 잘 나타내도록 연구자가 문항 내용을 수정하거나 보완할 수 있지만, 이렇게 수정·보완한 문항들로 이루어진 검사 도구의 신뢰도와 타당도의 검증이 다시 수행되어야 하는 문제점이 제기되었다.

본 연구에서 도출한 MASS-SV는 원 척도보다 줄어든 34문항으로 구성되었지만, 타당도와 신뢰도가 검증된 측정 도구로써 학생의 입장에서 보면 많은 수의 검사 문항들이 주는 부담감을 덜 수 있고, 연구자의 입장에서 학생들의 성실하고 의미 있는 응답을 기대할 수 있다. 또한 후속 연구들이 진행될수록 일관성 있는 자료가 누적됨에 따라 고등 학생들의 수학불안의 추이나 수학불안과 관련된 여러 변인(e.g., 성취, 수학에 대한 태도, 진로)의 관계 등을 규명할 수 있을 것이다. 또한 수학교사는 MASS-SV를 사용하여 높은 수학 불안을 가진 학생을 발견하여 수학불안 요인에 따라 적절한 수학 불안 감소 전략 및 교수 방법을 구현할 수 있을 것이다. 예를 들면, 수학문제해결 요인에 가장 높은 요인부하량을 보이는 문항(7)이 ‘여러 가지 복합적인 개념을 다루는 문제’이므로, 교사들은 학생들이 개념적인 문제에 관한 기능을 향상할 수 있도록 도와줄 수 있고, 수학의 복합적인 개념 문제를 해결할 때 필요한 구체적인 문제해결 전략을 가르쳐 줄 수 있다(Schunk, 2016). 또한 문항(35) “수학은 이해하기 어려운 과목이라고 생각하기 때문에 불안을 느낀다.”가 수학학습방법 요인과 관련된 불안감을 표현하는 대표 문항이므로, 교사는 암기가 아닌 관계적 이해를 통해 개념의 연결망을 형성할 수 있는 학습을 하도록 학생들을 도울 수 있다(Skemp, 2000). 특히 가장 높은 수준의 수학불안을 보이는 수학시험 요인에 대해서 교사는 수학시험 불안을 낮추고 수학시험과 관련된 상황에 집중할 수 있는 심리적 방법들을 포함하는 수학시험불안 대처프로그램을 계획·실행할 수 있다(Schunk, 2016).

연구자는 다음과 같은 후속 연구를 제안하고자 한다. 첫째, 본 연구에서는 MASS-SV의 공인 타당도 검증이 이루어지지 못하였으므로, 다른 검증된 수학 불안 검사 도구를 사용한 고등학생의 응답 자료와의 상관관계 분석 과정이 수행되어 MASS-SV의 공인 타당도를 확보하는 연구가 수행되어야 할 것이다. 또한 MASS-SV를 통해 얻은 고등학생들의 수학불안 정도와 수학 성취도, 수학적 태도 등 배경 변인과의 관계를 통한 공인 타당도 검증 연구를 제안한다.

둘째, 본 연구에서는 EFA를 통해 (준)이중적재인 문항을 제거하는 과정을 수행하였으나, 제거되는 문항과 수학 불안 요인과의 관계에 대한 논의와 탐구가 충분히 이루어지지 못한 한계점이 있다. 이중적재 문항에 대한 논의와 깊은 탐구가 이루어진다면, 요인 분석이라는 통계적 방법으로부터 얻은 결과를 통해 학생들의 수학불안의 요인에 대한 이해를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 또한 이런 논의와 탐구 과정에서 필요하다면 학생들의 심층적 인터뷰, 관찰 등과 같은 질적 연구가 수행될 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구는 수도권인 인문계 고등학교 1학년 학생들의 응답 자료로만 이루어졌으므로, 전국 대표 표본(nationally representative sample)과 같은 표집 방법으로 얻은 대단위 표본 집단에 대한 MASS-SV의 검증이 수행되어야 할 필요가 있다.

넷째, 국내·외 학생들에 대한 일관성 있는 수학 불안 연구를 위해 MARS, MAS, MAQ 등과 같은 국외의 수학 불안 척도의 한국어 version을 개발하고 타당도와 신뢰도를 검증하는 연구가 수행되길 제안한다.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

REFERENCES

- Kang, T., Jo, H. Y., & Oh, M. A. (2013). A study on the use-realities of exploratory factor analysis on educational research. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 25(3), 521-541.
- 강태훈, 조혜영, 오민아(2013). 교육 연구에서의 탐색적 요인분석 사용 실태에 관한 조사연구. *교육방법연구*, 25(3), 521-541.
- Choi-Koh, S. S., Ko, H. K., Park, M., Han, H., & Hong, Y. Y. (2012). *The Evaluation in Mathematics Education*, Seoul, Kyungmoon.
- 고상숙, 고호경, 박만구, 한혜숙, 홍예운(2012). *수학교육평가론*, 서울: 경문사.
- Ko, H. K., & Yi, H. S. (2012). Difference in mathematics anxiety of middle and high school students per factor according to background variables. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 15(3), 487-509.
- 고호경, 이현숙(2012). 중·고등학생의 배경 변인에 따른 요인별 수학 불안의 차이. *한국학교수학회논문집*, 15(3), 487-509.
- Kim, M., Im, S. I., & Kim, S. Y. (2011). Development and validation of the 2×2 mathematics anxiety scale for high school students. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 25(4), 717-737.
- 김명숙, 임신일, 김세영(2011). 고등학생 수학불안 척도의 개발 및 타당화 연구. *교육심리연구*, 25(4), 717-737.
- Kim, Y., & Kim, J. (2017). Development and validation of empathy scale. *Korean Journal of Counseling*, 18(5), 61-84.
- 김윤희, 김진숙(2017). 공감 척도 개발 및 타당화, *상담학연구*, 18(5), 61-84.
- Kim, H. J., & Choi-Koh, S. S. (2019). Development and application of K-UFTF Program for mathematical anxiety reduction. *Journal of Education & Culture*, 25(5), 789-812.
- 김현주, 고상숙 (2019). 수학불안감소를 위한 K-UTF 프로그램 개발 및 적용. *교육문화연구*, 25(5), 789-812.
- Noh, K. (2016). *The proper methods statistical analysis for dissertation*, Seoul: Hanbit Academy.
- 노경섭(2016). 제대로 알고 쓰는 논문 통계분석 SPSS & AMOS, 서울: 한빛아카데미.
- Park, H. S. & Cho, W. Y. (2017). A case analysis of the treatment of mathematics anxiety utilizing a program to change students' thought of mathematics. *Communications of Mathematical Education*, 31(1), 17-48.
- 박해성, 조완영(2017). '생각 바꾸기 프로그램'을 적용한 수학불안 치유 사례분석. *한국수학교육학회지 시리즈 E (수학교육 논문집)*, 31(1), 17-48.
- Seong, T. J. (2009). *Educational evaluation*, Seoul: Hakjisa.
- 성태제 (2009). *교육평가의 기초*, 서울: 학지사.
- Shim, S. W. (2000). A study on the relation between mathematics anxiety & aggressiveness and mathematics proficiency of highschool students. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 3(2), 99-109.
- 심상웅(2000). 고등학생의 수학불안 및 공격성과 수학성취도와의 관계 연구. *한국학교수학회논문집*, 3(2), 99-109.
- Lew, K. H. (2017). The effect of mathematics anxiety of upper-grades elementary school students' mathematics achievement according to the grades and gender. *Journal of Korea Institute of Youth Faculty and Environment*, 15(2), 111-119.
- 유경훈 (2017). 초등 고학년 학생의 성별 및 학년에 따른 수학불안이 수학성적에 미치는 영향. *청소년시설환경*, 15(2), 111-119.
- Yoon, R. K., & Jeon, I. H. (2012). The development of a math-friendly activity program for the alleviation of mathematics anxiety. *Education of Primary School Mathematics*, 14(3), 583-613.
- 윤락경, 전인호 (2010). 수학불안 감소를 위한 수학 친화적 활동 프로그램 개발. *한국초등수학교육학회지*, 14(3), 583-613.
- Eun, S. J. & Lee, J. H. (1994). A study on the effective teaching method for highly mathematics anxiety students. *The Mathematical Education*, 33(2), 285-296.
- 은수진, 이종희 (1994). 수학불안의 경향이 큰 학생들을 위한 효과적인 지도방법에 관한 연구-중학교 2학년, 문장제를 중심으로-. *한국수학교육학회지 시리즈 A (수학교육)*, 33(2), 285-296.
- Chang, S., & Cho, S. (2013). Development and validation of the Korean mathematics anxiety rating scale for college students. *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 15(4), 1955-1969.
- 장세림, 조수현 (2013). 대학생용 수학 불안 평가 척도의 개발 및 타당화 연구. *한국자료분석학회*, 15(4), 1955-1969.
- Cho, S. (2010). *The relationship among learning styles, the mathematical disposition, factors of mathematical anxiety and*

- mathematical achievement of girls' high school students*, Doctor's thesis, Wonkwang University.
- 조시오 (2010). *여자고등학교 학생의 학습양식과 수학적 성향, 수학불안 요인, 수학성취와의 관계*, 원광대학교 대학원 박사학위논문.
- Choi, J. S. (1988). *A study on factors of mathematics anxiety*, Doctor's thesis, Kyungpook National University.
- 최진승 (1988). *일반불안, 시험불안, 학업불안, 수학불안과 수학성취와의 공집 및 인과관계 분석*, 경북대학교 대학원 박사학위논문.
- Heo, H. J. (1996). *A study on mathematics anxiety causes*, Doctor's thesis, Seoul National University.
- 허혜자 (1996). *수학불안 요인에 관한 연구-고등학생을 중심으로*, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- Hong, S. H. (2000). The criteria for selecting appropriate fit indices in structural equation modeling and their rationales. *Korean Journal of Clinical Psychology*, 19(1), 161-177.
- 홍세희 (2000). 구조 방정식 모형의 적합도 지수 선정기준과 그 근거. *한국심리학회지: 임상*, 19(1), 161-177.
- Hwang, S., & Lew, K. (2018). Relationship between mathematics anxiety and mathematical achievement of middle school students according to gender and grade. *Communications of Mathematical Education*, 32(2), 175-189.
- 황선옥, 유경훈 (2018). 중학생의 학년별 및 성별에 따른 수학불안과 수학성취와의 관계. *한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>*, 32(2), 175-189.
- Agius, R. M., Blenkin, H., Deary I. J., Zealley, H. E., & Wood, R. A. (1996). Survey of perceived stress and work demands of consultant doctors. *Occupational and Environmental Medicine*, 53, 217-224.
- Ahmed, W., Minnaert, A., Kuyper, H., & Werf, G. (2011). Reciprocal relationships between math self-concept and math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 22, 385-389.
- Alexander, L., & Cobb, R. (1989). Identification of the dimensions and predictors of math anxiety among college students. *Journal of Human Behavior and Learning*, 4, 25-32.
- Alexander, L., & Martray, C. (1989). The development of an abbreviated version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 22(3), 143-150.
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181-185.
- Ashcraft, M. H., & Krause J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 243-248.
- Baloğlu, M. (2010). An investigation of the validity and reliability of the adapted mathematics anxiety rating scale-short version(MARS-SV) among Turkish students. *European Journal of Psychology of Education*, 25, 507-518.
- Baloğlu, M., & Zelhart, P. F. (2007). Psychometric properties of the revised mathematics anxiety rating scale. *The Psychological Record*, 57, 593-611.
- Betz, N. E. (1978). Prevalence, distribution, and correlates of mathematics anxiety in college students. *Journal of Counseling Psychology*, 25, 441-448.
- Blazer, C. (2011). Strategies for reducing math anxiety. *Information Capsule Research Service*, 1102, 1-8.
- Costello, A. B., & Osborne, J. (2005). Best practice in exploratory factor analysis: four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 10(7), 131-146.
- Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman mathematics attitudes scales: instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324-326.
- Ferguson, R. D. (1986). Abstraction anxiety: a factor of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 17(2), 145-150.
- Ferguson, E., & Cox, T. (1993). Exploratory factor analysis: a users' guide. *International Journal of Selection and Assessment*, 1(2), 84-94.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33-46.

- Hill, F., Mammarella, I. C., Devine, A., Caviola, S., Passolunghi, M. C., & Szűcs, D. (2016). Maths anxiety in primary and secondary school students: gender differences, developmental changes and anxiety specificity, *Learning and Individual Differences*, 1-9.
- Ho, H., Senturk, D., Lam, A. G., Zimmer, J. M., Hong, S., & Okamoto, Y. (2000). The affective and cognitive dimensions of math anxiety: a cross-national study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31(3), 362-379.
- Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The Abbreviated Math Anxiety Scale(AMAS): construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10(2), 178-182.
- Iossi, L. (2007). *Strategies for reducing math anxiety in post-secondary students*. In S. M. Nielsen & M. S. Plakhotnik(Eds.) Proceedings of the Sixth Annual College of Education Research Conference: Urban and International Education Section(pp. 30-35). Miami, FL: Florida International University.
- Jensen, R. S., van Leeuwen, A., Janssen, J., Kester, L., & Kalz, M. (2017). Validation of the self-regulated online learning questionnaire. *Journal of Computing in Higher Education*, 29, 6-27.
- Kargar, M., Tarmizi, R. A., & Bayat, S. (2010). Relationship between mathematical thinking, mathematics anxiety and mathematics attitudes among university students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 8, 537-542.
- Kazelskis, R. (1998). Some dimensions of mathematics anxiety: a factor analysis across instruments. *Educational and Psychological Measurement*, 58(4), 623-633.
- Ko, H. K., & Yi, H. S. (2011). Development and validation of a mathematics anxiety scale for students. *Asia Pacific Educational Review*, 12, 509-521.
- Looij-Jansen, P. M., Goedhart, A. W., Wilde, E. J., & Treffers, P. D. A. (2011). Confirmatory factor analysis and factorial invariance analysis of the adolescent self-report strengths and difficulties questionnaire: how important are method effects and minor factors? *British Journal of Clinical Psychology*, 50(2), 127-144.
- Luttenberger, S., Wimmer, S., & Paechter, M. (2018). Spotlight on math anxiety. *Psychology Research and Behavior Management*, 11, 311-322.
- Okamura, K. H., Nakamura, B. J., Mueller, C., Hayashi, K., & Higa McMillan, C. K. (2016). An Exploratory factor analysis of the knowledge of evidence-based service questionnaire. *The Journal of Behavioral Health Services & Research*, 43(2), 214-232.
- Pajares, F., & Urdan, T. (1996). Exploratory factor analysis of the mathematics anxiety scale. *Measurement and Evaluation on Counseling and Development*, 29(1), 35-47.
- Passolunghi, M. C., Caviola, S., De Agostini, R., Perin, C., & Mammarella, I. C. (2016). Mathematics anxiety, working memory, and mathematics performance in secondary-school children. *Frontiers in Psychology*, 7(42), 1-8.
- Plake, B. S., & Parker, C. S. (1982). The development and validation of a revised version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. *Educational and Psychological Measurement*, 42(2), 551-557.
- Primi, C., Busdraghi, C., Tomasetto, C., Morsanyi, K., & Chiesi, F. (2014). Measuring math anxiety in Italian college and high school students: validity, reliability and gender invariance of the Abbreviated Math Anxiety Scale(AMAS). *Learning and Individual Differences*, 34, 51-56.
- Primi, C., Donalti, M. A., Izzo, V. A., Guardabassi, V., O'Connor, P. A., Tomasetto, C., et al. (2020). The early elementary school abbreviated math anxiety scale(the EES-AMAS): a new adapted version of the AMAS to measure math anxiety in young children. *Frontiers in Psychology*, 11, 1-16.
- Rattray, J., & Jones, M. C. (2007). Essential elements of questionnaire design and development. *Journal of Clinical Nursing*, 16(2), 234-243.
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data. *Journal of Counseling Psychology*, 19(6), 551-554.
- Rounds, J. B., & Hendel, D. D. (1980). Measurement and dimensionality of mathematics anxiety. *Journal of Counseling Psy-*

- chology*, 27(2), 138-149.
- Schunk, D. H. (2016). *Learning theories: an educational perspective*, 7/E. NJ: Pearson Education.
- 노석준, 최병연, 차현진, 장경원, 오정은, 소효정 역(2016). *학습이론 교육적 관점 7판*, 서울: 아카데미프레스.
- Sherman, B., & Wither, D. P.(2003). Mathematics anxiety and mathematics achievement. *Mathematics Education Research Journal*, 15(2), 183-150.
- Shores, M. & Shannon, D. M. (2007). The effects of self-regulation, motivation, anxiety, and attributions on mathematics achievement of fifth- and sixth-grade students. *School Science and Mathematics*, 107(6), 225-236.
- Skemp, R. (1987). *The Psychology of Learning Mathematics*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- 황우형 역(2000). *수학학습 심리학*. 서울: 사이언스 북스.
- Suinn, R. M., & Edwards, R. (1982). The measurement of mathematics anxiety: the mathematics anxiety rating scale for adolescents, MARS-A. *Journal of Clinical Psychology*, 38(3), 576-580.
- Suinn, R. M., Taylor, S., & Edwards, R. W. (1998). Suinn Mathematics Anxiety Rating Scale for Elementary school students (MARS-E): Psychometric and normative date. *Educational and Psychological Measurement*, 48(4), 979-986.
- Suinn, R. M., & Winston, E. H. (2003). The mathematics anxiety rating scale, A brief version: psychometric data. *Psychological Reports*, 92(1), 167-173.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2001). *Using Multivariate Statistics*. Boston: Allyn and Bacon.
- Vahedi, S., & Farrokhi, F. (2011). A confirmatory factor analysis of the structure of abbreviated math anxiety scale. *Iranian Journal of Psychiatry*, 6(2), 47-53.
- Verkijika, S. F., & De Wet, L. (2015). Using a brain-computer interface (BCI) in reducing math anxiety: evidence from South Africa. *Computer & Education*, 81, 113-122.
- Wigfield, A., & Meece, J. (1988). Math anxiety in elementary & secondary school students. *Journal of Educational Psychology*, 80(2), 210-216.
- Zwick, W., & Velicer, W.(1986). Comparison of five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99, 432-442.