

수학학습장애 위험아동 조기 판별을 위한 수감각 검사의 적용 가능성 고찰*

김동일(金東一)** · 허상(許鏐)*** · 김이내(金이내)**** · 이기정(李奇貞)*****

논문 요약

수학학습에서의 심각한 문제를 예방하기 위해서 수학학습장애 위험아동을 조기 판별하여 적절한 조기 중재를 제공하고 형성평가를 통해 진전도를 모니터링 하는 것이 필요하다. 최근 수학학습장애 조기 판별 관련 연구에서는 수감각을 주요한 변인으로 다루고 있다. 이는 수감각이 수학학습장애 위험아동을 선별할 수 있는 기준으로 사용될 수 있다는 여러 연구 결과에 기초한 것이며, 이를 바탕으로 수감각을 기반으로 하는 다양한 검사가 개발되었다. 수감각의 정의에 대해서는 연구자들마다 의견이 다르지만, 수감각이 무엇이고 어떤 특성이 수감각을 이루고 있는지에 대해서는 점차 의견의 일치를 이루고 있다. 이에 본 연구에서는 선행 연구에서 제시된 수감각의 정의 및 특징을 살펴보고, 이를 바탕으로 개발된 여러 가지 수감각 검사들을 분석하여 우리나라 교육 현장에서 유용하게 사용될 수 있는 수감각 검사의 개발 필요성 및 활용 방안에 대해 탐색해 보고자 한다.

■ 주요어 : 수학, 학습장애, 조기 판별, 수감각, 검사

I. 서론

수학은 아동의 학습과 인지발달에 중요한 역할을 하며 학교교육에서도 매우 큰 비중을 차지

* 이 논문은 2008년도 정부재원(교육과학기술부, 기초연구지원인문사회)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-327-B00584).

** 서울대학교 교육학과, 『BK21 역량기반 교육혁신 연구 사업단』 참여 교수

*** Michigan State University

**** 서울대학교 대학원 특수교육전공, 『BK21 역량기반 교육혁신 연구 사업단』 참여 연구생

***** University of South Carolina, 교신저자

하고 있다. 아동의 수학 능력은 학업 성적에 상당한 영향을 미칠 뿐만 아니라 학령기 이후의 삶에도 많은 영향을 미친다. 몇몇 연구자들은 수학기술이 직업 및 수입, 생산 능력에 영향을 미치고(Rivera-Batiz, 1992), 심지어 수학능력이 높은 경우 취업이 더 용이하며(United States Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, 1997), 연봉 역시 높다고 보고하였다(Riley, 1997).

이처럼 수학은 우리들이 생활하는 데 무척 중요하지만, 안타깝게도 많은 학령기 아동들이 수학을 학습하는 데 어려움을 겪고 있다. 2004년도에 한국교육과정평가원에서 실시한 국가수준 학업성취도 평가 결과에 의하면, 수학교과에서 기초학력 미달학생의 비율은 초등학교 6학년에서 2.1%, 중학교 3학년은 8.7%, 고등학교 1학년에서는 9.3%로 나타났다(이양락, 2005). 이처럼 수학학습에 문제를 보이는 학생의 비율이 학년이 올라감에 따라 점점 더 증가하고 있다는 보고 내용은 수학의 위계적 특성과 관련지어 볼 수 있다. 즉, 수학 기술은 위계적으로 발달하기 때문에 선수기술의 습득은 이후 복잡하고 추상적인 기술 수학기술을 습득하는데 기초가 되며, 선수기술 습득에서의 실패는 다음 단계의 기술 습득에 영향을 미치고 결국 이러한 실패는 누적되게 된다.

이러한 맥락에서 수학학습에서의 문제를 예방하기 위해서는 수학학습장애를 보일 위험이 있는 아동을 조기에 판별해서 이들에게 적절한 중재를 제공하고, 이들의 진전도를 가능한 한 자주 모니터링 하는 것이 필요하다(Clark & Shinn, 2004). 조기판별을 통한 조기중재는 아동의 발달 상 문제가 되는 부분을 찾아내어 지원해주기 위한 것이다. 즉, 발달상의 문제를 찾는다는 것은 아동의 일발적인 발달패턴을 먼저 이해하고 위험아동의 발달과 비교를 해야 한다는 것을 의미한다. 이에 형성평가(formative evaluation)는 아동 발달상에서의 기술 향상과 진전도를 측정할 수 있는 평가 방법으로 이미 학습장애 아동 판별을 위한 학령기 아동의 진전도 평가 방법으로 많이 사용되고 있다(Clark & Shinn, 2004).

이처럼 학습에 문제를 보일 위험이 있는 아동을 조기에 판별하는 이유는 학습장애 위험아동들에게 학습장애라는 장애의 낙인(stigma)을 찍고자 위험이 아니다. 조기판별은 학습장애 위험 아동군에게 조기에 적절한 중재를 실시함으로써 학업성취도를 높여서 이후에 불필요하게 학습장애로 분류되는 것을 방지하기 위해서이다(김애화, 2006). 일반적으로 학습장애의 경우, 타 장애와의 구분(경도 정신지체, 정서장애 등)이 어렵기 때문에 더욱이 판별에 신중을 기해야 한다(Algozzine et al., 1977). 그럼에도 불구하고 여전히 위험군 아동을 판별하여 이후의 어려움을 최소화하기 위한 노력이 필요하다. 특히 학습문제는 조기에 나타나서, 어느 시점이 되면 학습 자체가 더 이상 발전을 보이지 않고 정체되는 학습고원현상을 보이게 된다(Cawley & Miller, 1999; 이태수, 2006 재인용; Torgesen, 2002). 따라서 가능한 한 조기에 학습장애 위험아동을 판별하여 이들에게 적절한 중재를 제공하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

수학영역에서 조기판별은 매우 중요하다. 수학기술은 위계적으로 발달하기 때문에, 수학영역에서의 선수기술 학습은 이후 학령기 아동의 수학학습의 기초가 되며 매우 중요한 역할을 한다. 이에 이미 국내외에서는 아동의 수학능력을 평가하기 위한 다양한 검사가 개발되어 사용되고 있다. 하지만 앞에서 언급한 바와 같이 아동의 발달상의 문제를 결정하기 위한 조기판별 검사는 한 번의 수행으로 아동의 문제 여부를 결정하는 것이 아니라, 아동의 수행 수준과 성장률 모두를 고려할 수 있도록 개발되어야 한다. 즉, 교사나 부모가 반복적으로 검사를 수행하고 타 아동과 수행 수준을 비교할 수 있어야 한다. 이는 교사가 쉽게 검사를 실시하기 위하여 짧게 수행될 수 있고, 반복적으로 검사를 수행하기 위한 동형검사가 있어야 하며, 타 아동과의 수행 수준 및 성장률 비교를 위하여 규준이 필요함을 의미한다.

많은 연구자들이 이미 아동의 초기 수학능력을 대표하는 능력으로 수감각(number sense)을 강조한 바 있다. 수감각이 수학학습에 문제를 가질 위험이 있는 아동을 판별하는 기준으로 사용될 수 있다는 여러 연구 결과들 때문이다(Gersten, Jordan, & Flojo, 2005). 이와 같은 연구 결과를 바탕으로 국내외에서 수감각을 기반으로 하는 몇 가지 검사가 개발되었으나, 여전히 수학학습장애 위험아동을 판별하기 위하여 현장에서 활용되기 위해서는 몇 가지 개선되어야 할 부분이 있다. 따라서 본 연구에서는 수감각에 대한 이론적 검토를 먼저 선행한 후, 이전에 개발되었던 유아 대상의 수감각 및 수학 관련 검사에 대해 탐색하고자 한다. 이 과정을 통하여 학령기에 수학학습에 어려움을 겪을 가능성이 높은 아동을 조기에 판별하기 위한 수감각 검사 개발 방향을 제시할 것이다.

II. 수감각(Number Sense)은 무엇인가?

1. 수감각의 정의 및 특징

수감각의 중요성에 대해서는 많은 연구자들이 동의하고는 있으나, 여전히 수감각의 정의와 구성 요소에 대해서는 연구자들 간에 의견이 분분하다. 수감각의 조작적 정의는 아직 명확하게 이루어지지 않고 있으나, 수감각이 무엇이며, 어떤 특성이 수감각을 이루고 있는지에 대한 여론은 합의를 찾고 있다(Clark & Shinn, 2004). 연구자 대부분은 수감각을 수(number)에 대한 이해 뿐 아니라 수와 관련된 다양한 개념을 활용하는 능력이라고 정의하는 데 동의하고 있다. 수에 대한 이해 및 관련 개념이해는 인간의 전 생애에 요구되는 기술인 동시에 다른 수학능력이 기초가 된다. 따라서 본 연구에서는 전반적인 수감각 정의 뿐 아니라, 수학학습장애 아동을 조기에 판별하기 위해 필요한 아동 발달상에서 요구되는 수감각 능력에 대한 정의를 살펴보고

자 한다.

수감각을 연구하는 몇몇 학자들은 수감각을 수와 관련 개념을 연결 짓는 능력으로 보았다. Marshall(1989)은 수감각을 수학적 지식의 광범위한 네트워크라고 정의하였으며, Trafton(1991)은 응집력이 있고 잘 발달된 수와 연산의 네트워크, 지식 요소들 사이의 교점, 지식 요소들 사이의 연결성을 표시하는 길이라고 정의하였다(선춘화, 2005 재인용). 수감각을 이처럼 수학적 지식의 연결로 보는 입장을 가진 연구자들은 그 연결성의 정도에 따라서 수감각의 수준에 차이가 생기게 되고, 수감각의 개발을 위해서는 네트워크 요소를 개별적으로 습득하는 것 보다는 지식 요소들 사이의 연결성의 개발과 향상에 중점을 두어야 한다고 인식하였다(선춘화, 2005).

그러나 수감각이 단순히 수 및 수와 관련된 개념들 간의 연계성을 이해하는 능력이 아니라, 일종의 수학적 사고방식이라고 정의하는 연구자들도 있다. Sowder(1989)는 수감각을 수와 연산 특성을 연관시켜주는 잘 조직된 개념적 네트워크로 보는 입장에서 더욱 확장하여, 수감각이란 수 관련 지식들이 단순히 쌓여있는 창고가 아니라 사고의 방식이라고 보았고, 융통성 있고 창의적인 방법으로 수학 문제를 풀 때 증명될 수 있으며, 한 시점에서 가르쳐지거나 측정하는 것이 쉽지 않은 특징이 있다고 하였다. 수감각이 수학적 사고의 방식이라는 정의를 좀 더 세분화 하여 Resnick와 동료들(1989)은 수감각을 문제해결과 같은 고차원적 사고라고 인식하였다. 따라서 수감각이란 수를 이해하고 활용하는 기술 이상의 능력으로, 수를 다루게 되는 어떤 환경 내에서 예견될 수 있는 일종의 지표로 보았으며, 따라서 수감각을 명확하게 정의 내리기에 어려움이 있다고 보았다.

수감각이 사고방식이라는 입장과는 다르게 NCTM(1989)은 수감각을 일종의 수관계에 대한 직관력이라고 인식하였고, 계산의 결과와 수학 문제를 해결하는 데 있어 수감각은 합리적인 판단을 내리는 데 중요한 역할을 하는 요인이라고 하였다. McIntosh 등(1995) 역시 수감각은 수에 대한 직관적인 느낌, 수를 다양하게 사용하고 해석하는 능력, 정확하고 효율적으로 계산하는 능력, 실수를 감지하는 능력, 합리적으로 결과를 인지하는 능력 등을 포함한다고 보고, 이와 같은 수감각을 가진 사람들은 수를 이해할 수 있고, 일상생활에서 수를 효율적으로 사용하는 능력이 있다고 보았다. 또한 Baroody(1998)는 수감각이란 수와 수들 관계에 대한 직관이고, 수를 이용하는데 있어 지적이고 유연하게 의사결정을 내릴 수 있도록 안내해주며, 수와 연산의 속성을 관계 지워주는 폭 넓은 의미에서 볼 때 수와 관계된 문제를 융통성 있고 창의적인 방법으로 해결해주는 능력이라고 보았다. 수감각에 대한 연구자들의 정의는 <표 1>과 같다.

이러하듯 수감각은 수 및 수 관련 개념들 간의 이해를 의미하며 나아가 일종의 사고방식으로까지 정의된다. 즉, 수감각은 숫자를 새로 배우기 시작하는 아동기에 국한된 기술이 아니라 전 생애적으로 요구되는 능력이라는 데에 많은 연구자들이 동의하고 있다. 그러나 수감각이 특히 아동 발달기에 강조되어야 하는 이유는 수감각은 모든 연령기에 필요한 수학적 능력이면서

<표 1> 수감각에 대한 전반적 정의

	수감각에 대한 정의	주제어
Marshall (1989)	수학적 지식의 광범위한 네트워크	수(數)와 세계의 네트워크
Trafton (1991)	응집력이 있고 잘 발달된 수와 연산의 네트워크, 지식 요소들 사이의 교점, 지식 요소들 사이의 연결성을 표시하는 길	
Sowder (1989)	단순히 수에 대한 지식들이 단순히 쌓여있는 창고가 아니라 사고의 방식	수(數)에 대한 사고 방식
Resnick 등 (1989)	단순한 수에 대한 지식과 수를 사용하는 그 이상의 것으로 문제해결과 고차원 사고처럼 특별한 사고의 방식으로 특정한 수의 지식과 상호 연관이 있는 수 개념들에 근거해서 수를 다루게 되는 어떤 환경 내에서 예견될 수 있는 지표	
NCTM (1989)	수학 문제를 푸는데 있어 반드시 필요한 요소로 아동들뿐만 아니라 성인들에게도 중요한 수관계에 대한 직관력	수(數)에 대한 직관
McIntosh (1995)	수에 대한 직관적인 느낌, 수를 다양하게 사용하고 해석하는 능력, 정확하고 효율적으로 계산하는 능력, 실수를 감지하는 능력, 합리적으로 결과를 인지하는 능력	
Baroody (1998)	수와 수들 관계에 대한 직관이고, 수를 이용하는데 있어 지적이고 유연하게 의사결정을 내릴 수 있도록 안내해주며, 수와 연산의 속성을 관계 지워주는 폭 넓은 의미에서 볼 때 수와 관계된 문제를 융통성 있고 창의적인 방법으로 해결해주는 능력	

동시에 모든 수 관련 활동의 기초가 되기 때문이다.

Gersten과 Chard(1999)는 아동 발달 수준에서 수감각을 정의하였는데, 이를 아동의 숫자에 대한 유동성 및 융통성, 숫자가 의미하는 것에 대한 감각, 머릿속으로 수학적 계산을 수행하고, 세상을 바라보고 양자를 비교할 수 있는 능력이라고 정의하였다. Resnick와 동료들(1989)은 수감각을 가진 아동은 수의 상대적인 크기를 인식하고, 사물과 사건을 측정하기 위해 지시물을 사용하며, 수를 대할 때 유연한 방식으로 생각하고 작업하는 능력을 가졌다고 할 수 있다고 하였다. 또한 Reys(1992)는 수감각을 수와 관련된 상황을 이해하고자 하는 욕구로 정의하였고, 이는 아동이 소유하거나 소유하지 못하는 유한한 실체가 아니라 일생에 걸친 과정이라고 할 수 있으며, 또한 우연히 개발되는 것도 아니라고 보았다. 이런 수감각이 풍부한 아동은 수들 사이의 관계와 수와 연산 사이의 관계에 대해 자신이 이해하고 있는 것을 이용할 수 있을 뿐만 아니라 그런 방법을 만들어 내어 주어진 과제에 대해 가장 효과적인 방법을 찾는 능력을 가지고 있다고 하였다. 아동 발달기에 필요한 수감각 능력에 대한 정의는 <표 2>와 같다.

<표 2> 아동발달기에 요구되는 수감각 능력의 정의

연구자	수 감각에 대한 정의
Reys (1992)	수와 관련된 상황을 이해하고자 하는 욕구
Gersten & Chard (1999)	아동의 숫자에 대한 유동성 및 융통성, 숫자가 의미하는 것에 대한 감각, 머릿속으로 수학적 계산을 수행하고, 세상을 바라보고 양자를 비교할 수 있는 능력

수감각이 아동발달에서 매우 중요한 역할을 함에도 불구하고, 이에 대한 개념적 정의만으로는 이를 평가할 수 있는 검사도구 및 교육 프로그램을 개발하기 어렵다. 따라서 이를 위하여 연구자들은 수감각의 조작적 정의 혹은 구성개념에 대하여 논의하게 되었다. 예를 들어 Case와 그의 동료들은 수감각을 수학적 관계, 원리, 그리고 절차 사이의 여러 연결에 의존하는 개념상의 구조라고 정의하면서(Case, Harris, & Graham, 1992), 수의 양쪽 방향에 대한 순서, 수와 수의 대응, 기수(cardinality)에 대한 지식, 상대적인 크기에 대한 지식, 그리고 유용한 수 정보에 대한 지식을 모두 포함하는 것이라고 보았다. 이에 앞서 NCTM(1989)은 수감각이 뛰어난 아동들은 다음과 같은 특성을 가지고 있다고 하였다: ① 수의 의미를 이해함, ② 수들 사이의 관계를 이해함, ③ 수의 상대적인 크기를 인식함, ④ 연산의 상대적인 효과를 인식함, ⑤ 실제 계산 상황에 이를 적용함. 또한 NCTM(1989)에서는 수 감각의 구성요소로 5가지를 제시하고 있다. 이는 ① 수가 갖는 의미를 발달시키는 것, ② 조작을 사용한 수 사이의 관계 탐구, ③ 수의 상대적인 양 이해, ④ 연산의 상대적인 결과 인식, ⑤ 일상적인 대상과 상황을 측정하기 위한 기준 개발 등이다.

Resnick 등(1989)은 수감각을 가진 아동은 다음과 같은 능력이 있다고 보았다: ① 알지 못하는 것을 알아내기 위해 잘 알려진 수를 사용함, ② 특별한 문제에 대해 특별한 수가 합리적인 답이 될 수 있는지를 판단함, ③ 답을 정확히 계산하기 보다는 근사 값을 찾음. ④ 계산을 단순하게 하기 위하여 수를 구성하고 해체하기 위해 십진 기수체계를 활용함, ⑤ 수와 양과 관련된 상황을 이해하고자 하는 경향이 있음, ⑥ 수의 상대적, 절대적 크기의 감각을 지니고 있음, ⑦ 양의 다양한 다른 표상 변환을 융통적으로 함. 또한 Sowder(1991)는 수감각의 구성요소로 ① 수를 해체하고 구성하는 능력, ② 수의 상대적인 규모를 인지하는 능력, ③ 수의 절대적인 규모를 인지하는 능력, ④ 기준척도(benchmark)를 사용하는 능력, ⑤ 의미 있는 방법으로 계산과 연산을 수행하고 관련된 상징을 연결하는 능력, ⑥ 수에 대한 연산의 결과를 이해하는 능력, ⑦ 전략을 통하여 암산을 수행하는 능력, ⑧ 계산에서 답을 어렵하기 위해서 수를 융통적으로 사용하고 어렵이 필요할 때를 인지하는 능력, ⑨ 수를 이해하고자 하는 성향을 제시하였고, Yang(1995)은 수 감각의 구성요소를 다음과 같이 제시하였다: ① 수의 복합적 표상 이해, ② 수의 상대적이고 절대적인 크기를 인식하기, ③ 기준척도(benchmarks)를 선택하고 사용하기, ④ 수를 구성하고 해체하기, ⑤ 수에 대한 연산의 결과를 인식하기, ⑥ 융통성 있고 적절하게 암산과 어림을 수행하기 등.

위의 연구자들이 제시하고 있는 수감각 능력을 평가하기 위한 지표 혹은 그 구성요인은 <표 3>과 같이 정리될 수 있다. 모든 연구자들은 수감각은 수의 관계를 이해하고, 수의 상대적인 크기를 비교할 수 있는 능력이라고 동의하고 있었으며, 이는 수감각을 일종의 수와 관련된 세계의 네트워크라고 정의하는 연구자들의 연구가 대부분에게 받아들여지고 있는 것이라고 분석

할 수 있다. 추가적으로 연구자들은 초기 연산능력이나, 수를 이해하는 능력, 실제 생활에 적용할 수 있는 능력이 수감각에 포함된다고 제시하였다.

<표 3> 수감각 지표와 구성요인 분석

연구자	수감각 지표 분석 틀				
	수 의미 이해	수 관계 이해	수 크기 비교	연산능력	수 적용
Case, Harris, & Graham(1992)		○	○		○
NCTM(1989)	○	○	○	○	○
Resnik et al. (1989)	○	○	○	○	○
Yang(1995)	○	○	○	○	

지금까지 살펴본 것처럼 수감각은 수의 의미에 대한 이해에서부터 수의 관계에 대한 이해에 이르기까지 광범위하게 정의될 수 있는데, 중요한 것은 이 광범위한 정의는 수감각이 양(예를 들면, 더 많고 더 적은 것, 일대일 대응, 기수, 서수, 수의 상대적인 크기에 대한 이해)과 그것들의 상호관계에 대한 개념들을 총괄하여 포함한다는 것이다(Malofeeva et al., 2004). 이와 같은 여러 연구자들이 내린 수감각의 정의를 바탕으로 하여 본 연구에서는 수감각을 “수에 대한 상대적인 크기를 인식하고, 다양한 방법으로 수 체계를 활용하는 방법을 이해하는 능력”으로 정의하고자 한다. 수감각의 정의와 특성에 대해서 연구자들의 의견이 다양한 것처럼 수감각의 구성요소에 대해서도 여러 가지 의견이 있다. 이 중 공통적인 사항을 살펴보면 다음과 같다. 수의 의미에 대한 이해, 수들 사이의 관계 및 다양한 표상에 대한 이해, 수의 상대적·절대적 크기에 대한 감각, 연산의 결과를 인식하기, 기준척도(benchmarks)의 사용, 여러 가지 계산 상황에서 수와 연산에 대한 지식을 융통적으로 적용하기 등이 포함됨을 알 수 있다.

2. 수감각의 중요성

최근에 학습장애 분야에서는 학생이 읽기에 문제를 보일 가능성이 있는지를 비교적 잘 예측할 수 있는 도구들이 개발되어 조기 판별의 목적으로 사용되고 있다(Gersten, Jordan, & Flojo, 2005). 여러 가지 연구 결과에서 음운 인식(phonological awareness)이 읽기학습장애 위험학생을 조기에 판별할 수 있는 변인으로 평가되고 있다(Felton, 1993; Torgesen, Wagner, & Rashotte, 1994; Chard & Dickson, 1999; Torgesen, 2002).

음운인식이 읽기영역에서 학습장애 위험학생을 조기에 판별해주는 변인이라면 수학영역에

서는 수감각이 읽기영역에서의 음운 인식과 비슷한 역할을 한다고 할 수 있다. Baker 등(2002)은 유치원 때의 수감각이 초등학교 1학년에서의 수학능력을 예측하는 데 유효하다는 연구 결과를 얻었다. 또한 Case(1998)와 Gersten 등(2005)의 연구에서는 수감각이 유치원 또는 초등학교 저학년 아동의 향후 연산 능력을 예측할 수 있게 해주는 중요한 변인이라고 제시하였다. McClosky와 Macaruso(1995)는 수학학습장애가 수감각과 관련이 있다고 보았고 수감각을 포함한 중재가 초기 수학학습에서의 실패를 감소시킬 수 있다는 연구 결과를 보고하였다. 또한 Gersten과 Chard(1999)는 수감각이 읽기에서의 음운인식과 같이 향후 학습 능력을 예측할 수 있는 기능을 하는 것으로 보았는데, 여러 연구자들에 의해 유치원에 다니거나 초등학교 저학년에 재학 중인 아동의 이후의 연산 능력을 예측할 수 있게 해주는 중요한 변인으로 평가받고 있다(Case, 1998; Geary, 1994; Gersten & Chard, 1999; Gersten, Jordan, & Flojo, 2005). 이렇듯 수학학습장애 영역에서 수감각은 학령기 수학학습의 선수기술로 이해되고 있으며, 이런 연구 결과들을 바탕으로 국내외에서는 수감각을 기반으로 하는 여러 가지 검사가 개발되었다.

Ⅲ. 수감각 검사에 대한 선행 연구: 수감각 검사의 구성 요소

앞에서 살펴본 것처럼 수감각이 수학학습장애 위험아동을 조기에 판별할 수 있는 변인으로서의 역할을 한다는 연구 결과에 근거하여 국내외에서 다양한 수감각 검사가 개발되었다.

대부분의 검사는 아동의 수학능력 수준을 평가하기 위한 검사로 취학전 아동을 대상으로 실시되는 검사로 이루어져 있다.

먼저 Clements(1984)는 취학 전 아동들(3년 11개월~4년 11개월)을 대상으로 하는 수감각 검사를 개발하였다. 검사는 구체물 세기, 더 많은 것 고르기, 하나가 많거나 적은 것 고르기, 순서대로 세거나 거꾸로 세기, 수량 변화 확인, 일대일 대응, 두 개의 다른 수의 모둠을 같게 만들기, 구두로 내는 문제, 구체적 단어 문제 등 10개의 하위영역으로 구성되었다. 이는 다양한 수 발달 이론을 바탕으로 하여 제작되었고, 폭 넓은 과제를 포함하고 있으며, 높은 문항 내적 일관성을 보이는 것으로 보고되었다(Malofeeva et al., 2004 재인용). 이후 Okamoto와 Case(1996)는 네 단계로 구성된 수 지식 검사(Number Knowledge Test)를 개발하였다. 1단계에서는 구체물 세기와 같은 과제 수행을 평가하고, 2단계에서는 수량변별, 덧셈, 뺄셈 등의 문제풀이, 3단계에서는 2단계와 비슷하지만 두 자리 수를 활용하여 더 난이도가 높은 문제풀이, 4단계에서는 3단계와 비슷하지만 두 수의 차이 간 비교가 추가된 문제풀이를 실시하도록 하였다. Malofeeva 등(2004)의 연구에서는 취학 전 아동을 대상으로 하여 수감각 검사를 개발하였다. 검사는 수 세

기, 수 인식, 수와 사물 대응, 기수성, 수량비교, 덧셈, 뺄셈 등의 하위영역으로 구성되었다. 연구 결과 모든 하위영역에서 높은 문항 내적 일관성을 보이는 것으로 나타났다.

이후 수감각에 대한 연구가 증대되면서 Howell과 Kemp(2005)는 다시 한 번 수감각의 정의와 구성요소를 추출하기 위하여 4~6세 아동의 수감각 지표에 대한 델파이 연구를 실시하였다. 아동의 입학 시에 요구되는 수감각 지표로는 5까지 수 세기, 5까지 수량비교, 기수알기, 3까지 직관연산, 일대일 대응, 10까지 수 세기 등이었다. 또한 1학년 이후에 요구되는 수감각 지표로는 수 순서, 일대일 대응, 다음 수 알기, 기수알기, 10까지 수 인지, 수 매칭, 10까지 양 비교, 추정, 수직선상 수의 위치 추정, 3까지 직관 연산, 셈하기, 1이상씩 더해서 수세기라고 보고하고 있다.

이후 수감각 검사는 일반아동 뿐 아니라 수학학습장애로 판별된 아동이나 혹은 조기판별을 위하여 개발되었다. Landerl 등(2004)은 8세와 9세의 수학학습장애 아동을 대상으로 하였다. 이 검사에서는 아동들의 기본 수학처리 능력을 알아보기 위하여 수 읽기, 수량 변별, 수 쓰기, 바로 수 세기, 뛰어 세기, 거꾸로 수 세기, 점 세기, 암산 등을 실시하였다. 그 결과, 수량변별, 뛰어 세기, 암산 등이 수학학습장애 위험아동을 판별하는데 유용한 것으로 나타났다. Clark과 Shinn(2004)는 초등학교 1학년생을 대상으로 하였는데 수학학습장애 위험아동을 조기에 판별하기 위한 목적으로 4개의 하위 영역(수 세기, 수 인식, 수량변별, 빠진 수 찾기)으로 구성된 검사를 개발하였다. 연구 결과 신뢰도와 타당도가 양호한 것으로 나타났고 특히 수량변별이 수학학습장애 위험아동을 판별하는 데 있어 강력한 지표로 나타났고, 그에 반해 수 세기는 다소 떨어지는 것으로 보고되었다. Mazzocco와 Thompson(2005) 역시 유치원생을 대상으로 하여 종단 연구를 실시하였으며, 이 연구는 수학학습장애 위험아동을 조기에 판별하기 위한 검사를 개발하기 위한 목적으로 실시되었다. 그 결과, 수 인식, 수량변별, 덧셈 등이 수학능력에 대한 예측도가 높은 요인으로 보고되었다.

국내에서도 아동의 초기 수학능력을 평가하기 위한 검사도구가 개발되었다. 그러나 초기에는 수감각이라는 의미 보다는 수 세기/수리 능력에 더 초점을 두었다. 홍혜경(1991; 1993)의 연구에서는 유치원 아동들을 대상으로 이들의 수 세기 능력과 수리 능력을 측정하였으며, 수 세기 능력을 측정하기 위해서 고유 수 단어세기와 한자 수 단어세기를 측정하였고, 수리 능력의 측정을 위해서 계속 세기, 거꾸로 세기, 수 인식, 물체와 숫자관계 이해, 서수, 더하기, 빼기 등의 하위요인으로 구성된 도구를 사용하였다. 수 세기 능력과 수리 능력과의 상관관계를 분석하여 수 세기 능력이 높을수록 수리 능력도 높은 것으로 나타났다. 최혜진과 황해익(2003) 역시 3~6세의 아동을 대상으로 하여 유아수학능력검사를 개발하였으나, 아동의 수감각이 아동의 타 수학능력을 예측할 수 있다는 가정을 활용하지 않았다. 이 검사는 수감각 이외의 수학능력 전체(예, 도형, 시간 등을 포함)를 평가하기 위하여 개발되었다.

이후 본격적으로 김희선(2000)의 연구에서는 아동의 수감각에 좀 더 초점을 맞추어 검사를 개발하였다. 이 연구에서는 초등학교 1학년 아동을 중심으로 NCTM(1989)의 5가지 수감각 구성(수의 의미 이해, 수관계 탐구, 수의 상대적인 크기 이해, 연산의 상대적인 효과 인식, 일상적인 대상과 상황의 측정을 위한 기준 개발)요소들을 기초로 하여 수감각 검사를 구성하였다. 또한 김애화(2006)의 연구에서는 유치원생과 초등학교 1학년생을 대상으로 한 수학학습장애 위험 아동 조기판별 검사를 개발하였다. 조기판별 검사는 뛰어 세기, 거꾸로 세기, 수읽기, 수 의미, 수량 변별, 빠진 수 넣기, 덧셈구구, 뺄셈구구, 숫자 바로 따라하기, 숫자 거꾸로 따라하기, 색깔 규칙 찾기, 등 12개의 하위영역으로 구성되었다.

수감각 관련 검사 개발 및 그에 대한 연구 결과를 살펴보면, 검사 하위 영역 및 대상 연령별 다소 차이가 있으나 전반적으로 타당도와 신뢰도가 양호한 것으로 평가되었다. 그러나 학습장애 위험아동을 조기에 판별하기 위해서는 일회적으로 검사를 실시하는 것이 아니라 반복적으로 아동을 평가하여 아동의 진전도를 평가해야 한다는 점에서 수감각 검사가 위 검사가 아니라 새롭게 개발되거나 혹은 개선될 여지가 있다. 학습장애 아동의 조기 판별은 장애 진단 여부보다는 예방차원의 교육을 제공하기 위함이기 때문에, 발달 선별의 특성을 가진다. 즉, 정상적인 발달의 범주 내에 들어가지 않는 아동은 확인하기 위하여, 검사 도구는 간단하고 표준지향적이며, 비용이 비싸지 않고, 실시 과정이 표준화 되어야 하고 신뢰롭고 타당해야 할 것이다 (Meisels & Wasik, 1990; 이준석 & 조광순, 2004 재인용). 그러나 앞서 살펴본 검사들은 이러한 특징을 살리지 못하고 있다. 당연히 해외 검사들은 우리나라 아동을 대상으로 규준이 설정되지 않았기 때문에 사용하기 곤란하며, 우리나라에서 개발된 검사라 할지라도 규준이 없거나 검사 소요시간이 긴 경우가 많다. 특히 주의집중 시간이 짧은 아동을 대상으로 검사를 반복적으로 실시해야 함에도 불구하고 수감각 이외의 다양한 하위 구인(도형, 돈, 측정 등)을 포함으로써 검사 소요시간이 길어지고 있다. 따라서 수학 학습장애 위험아동을 조기판별하기 위한 수감각 검사 개발을 위하여 검사의 하위 영역 선정에 노력을 기울여야 할 것이며, 학습장애 아동을 조기에 판별하기 위해 필요한 몇 가지 특징(소요시간, 표준지향 검사 등)이 고려되어야 할 것이다.

따라서 이와 같은 선행연구 결과를 바탕으로 본 연구에서는 수 감각 검사를 수 인식, 빠진 수 찾기, 수량 변별, 추정의 4개의 하위영역으로 구성하는 것이 타당하다고 인식되었다. 다음의 <표 4>는 본 연구에서 수 감각 검사의 하위영역으로 추정한 4가지 영역(수 인식, 빠진 수 찾기, 수량 변별, 추정)을 포함하고 있는 선행연구에서 사용된 수 감각 검사의 목록이다.

<표 4> 선행연구에서 사용된 수 감각 검사

	수 인식	수량 변별	빠진 수 찾기	추정
국외 연구				
Clements(1984)		○		
Okamoto & Case(1996)		○		
Landerl et al.(2004)	○	○		
Clark & Shinn(2004)	○	○	○	
Malofeeva et al.(2004)	○	○		
Howell & Kemp(2005)	○	○		○
Mazzocco & Thompson(2005)	○	○		
Jordan, Kaplan, Olah, & Locuniak(2006)	○	○	○	○
국내 연구				
홍혜경(1991, 1993)	○	○		
김희선(2000)				○
최혜진, 황해익(2003)	○	○		
김애화(2006)	○	○	○	

IV. 결론: 학습장애 조기판별을 위한 수감각 검사의 활용

특수교육에서 조기판별 및 조기중재의 중요성이 강조된 것은 최근의 일은 아니며, 미국의 경우 1960년대 Head Start 실시 이후 이루어진 국가수준의 평가 결과는 모든 조기교육 프로그램의 리트머스와 같은 역할을 하였으며(Goets & Allen, 1983), 그 결과 Head Start는 최근까지 진행되었다. 이러한 조기판별과 조기중재의 중요성은 지난 2008년 5월부터 시행된 “장애인 등에 대한 특수교육법”에서도 나타나고 있다. 이를 살펴보면 만 3세 미만의 장애영아에 대한 무상교육을 도입했고, 만 3세 미만 장애영아의 보호자는 조기교육이 필요한 경우 교육을 요구할 수 있으며, 특수교육지원센터의 진단·평가결과를 기초로 장애영아를 특수학교의 유치원 과정, 영아학급 또는 특수교육지원센터에 배치할 수 있다. 또한 배치된 장애영아가 의료기관, 복지시설 또는 가정 등에 있을 경우에는 순회교육을 제공하도록 규정하고 있다. 그리고 영유아의 장애 및 장애 가능성을 조기에 발견하기 위해 해당 지역 내 보건소와 병원 또는 의원(醫院)에서 선별검사를 무상으로 실시하도록 규정하고 있다(장애인 등에 특수교육법 일부개정, 2008. 2. 29).

그러나 여전히 학습장애의 경우, 조기판별에 대한 많은 우려가 있어왔다. 앞서서도 언급된 바와 같이 학습장애는 고빈도 장애(정서 및 경도 정신지체)와의 구분이 어렵다. 더욱이 학령기

(초등학교 입학 이후)에 들어서야 “학습”이 진행된다고 생각하기 때문에, 그 입학 이전에 선행 기술에서 문제를 보이는 경우에는 학습에서 문제를 보이는 것이라고 생각하지 않는 경우가 많다. 뿐만 아니라 조기에 아동이 판별된다고 하더라도 한국에서는 공통적인 유아교육과정이 존재하고 있지 않기 때문에 공교육의 범위 내에서 아동을 교육적으로 지원하는데 제한이 있으며, 결국 학습장애 조기판별에서 오는 낙인 효과만 더 두드러질 것이라고 생각하기 쉽다. 그럼에도 불구하고 학령기에 필요한 선수기술을 가지지 못하고 학교에 입학하는 아동들이 실제로 존재하고, 이로 인하여 누적된 학습부진 탓에 학습장애로 잘못 판별되는 사례가 허다하기 때문에 학습장애 위험 학생을 조기판별하기 위한 검사 개발과 효과적인 조기중재에 관한 연구가 최근 들어 활발하게 이루어지고 있는 실정이다.

특히 수학의 경우, 필요한 개념 및 기술이 위계적으로 발달하기 때문에, 학령기 이전의 능력 즉, 비형식적 수학기술에 문제가 있는 아동을 조기에 판별하여 지원하려는 노력이 필요하다. 아동기 초기의 기본적인 수 개념(numerical concept)의 발달은 아동기 후기의 고차원적 수학적 개념(mathematical concept) 획득의 기초가 된다(Ginsburg & Allardice, 1984; Clark, 2002 재인용). 즉, 아동의 학령기 이후, 이전에 습득된 비형식적 수학지식을 중심으로 수 개념이 획득되는데, 이러한 비형식적 수학지식이 기초가 바로 수감각이다. 결론적으로 이러한 비형식적 및 형식적 수학 지식의 바탕에 있는 것이 수감각이며, 다수의 수학 연구자들과 교육자들은 수감각이 수학 교육의 초점이 되어야 한다고 주장해 왔다(Hope, 1989; Howden, 1989; Turkel & Newman, 1988; Clark, 2002 재인용).

뿐만 아니라 아동의 수학학습에서의 문제를 예방하기 위해서는 이후에 수학학습장애를 보일 위험이 있는 아동을 조기에 판별하여 조기에 적절한 중재를 실시하면서, 동시에 형성평가를 통해 아동의 진전도를 자주 모니터링 하는 것이 필수적이다. 학습장애 판별을 위하여 불일치 모형의 대안적으로 제안된 중재반응모델(Responsiveness to Intervention, RTI)에서도 아동이 효과적인 중재에 적절하게 반응을 보이지 못하고 또래 아동들보다 현저하게 낮은 성취수준과 느린 진전도를 보이는 이중불일치(dual discrepancy)가 발생했을 경우에 아동을 학습장애로 진단하게 된다(Vaughn & Fuchs, 2003). 물론 학령기 이전의 아동들에게 일괄적으로 효과적인 중재를 제공하고 있다고 가정하고 중재반응모형을 적용하기에는 무리가 있다. 그러나 조기판별은 아동 발달상의 문제가 있는 위험아동을 판별하기 위함이기 때문에 당연히 아동들의 발달 과정을 모니터링 할 수 있도록 검사가 개발되어야 할 것이다.

물론 이미 수감각의 중요성을 인식하고 이를 바탕으로 국내외에서 다양한 수감각 검사가 개발되었다. 하지만 기존에 개발된 수감각 검사들은 아동의 수학능력 발달 상 문제가 있는 아동 및 이후 학령기에 수학학습장애로 판별될 위험이 있는 아동을 판별하기 위한 적절한 검사는 아니다. 먼저 수학학습장애 위험아동 조기 판별 검사는 그 소요시간이 짧아야 한다. 이는 검사

를 어떤 구인으로 구성할 것인지 하는 결정과도 함께 고려되어야 한다. 일반적으로 아동 대상 검사의 경우 적절한 검사 시간은 15분에서 20분 정도라고 언급하고 있기 때문에(Meisels & Atkins-Burnett, 1994), 학습에 어려움이 있는 아동을 판별하기 위한 조기관별 검사 시간은 가능하다면 15분 이하로 짧아야 할 것이다. 검사 소요시간은 아동 뿐 아니라 이를 실시하는 교사를 위해서도 짧아야 하는데, 그래야 반복적으로 자주 활용할 수 있기 때문이다. 예를 들어, 진전도 평가를 위한 검사 중 하나로 이미 개발되어 활용되고 있는 「기초학습기능 수행평가체제: 읽기(Basic Academic Skills Assessment: Reading)」의 경우, 읽기 유창성 평가를 위해 총 3분이 소요된다(1분씩 3회). 이 검사는 다양한 장점이 존재하지만, 이러한 짧은 소요시간 동안 간편하게 아동의 진전도를 평가할 수 있다는 점에서 교사 및 학생 모두에서 용이하게 활용되고 있다.

두 번째로 조기관별을 위한 검사 내용은 수감각으로 제한하되, 그 하위 구인 역시 가장 수감각을 대표할 수 있는 영역으로 제한해야 한다. 이미 수감각이 아동의 비형식적 수학능력의 지표가 된다고 언급하고 있음에도 불구하고 많은 검사들이 다양한 타 영역(측정, 도형 등)을 포함하고 있기 때문에 검사 시간이 길어질 수밖에 없다. 물론 아동의 모든 수학 능력을 직접 평가할 수 있다면 각 영역에서 아동의 직접적인 수행수준을 알 수 있지만, 아이들의 주의집중 시간은 제한되어 있다. 수감각을 “수에 대한 상대적인 크기를 인식하고, 다양한 방법으로 수 체계를 활용하는 방법을 이해하는 능력”이라고 정의하였을 때, 수감각 검사 영역은 수를 읽을 수 있는지(예: 수 읽기), 수의 크기를 비교할 수 있는지(예: 수량변별), 수의 상대적인 크기 비교(예: 수의 크기 순서 인식을 위한 빠진 수 찾기), 혹은 수 체계 이해(예: 심상화된 수직선(mental number line) 활용)를 평가할 수 있는 하위 영역을 설정할 수 있을 것이다. 물론 이러한 구인 결정은 더 다양한 문헌을 검토한 후, 수감각에 대한 조작적 정의를 설정하는 노력이 선행되어야 할 것이다.

세 번째로 수학학습장애 위험아동 조기 판별 검사는 표준지향검사여야 한다. 기본적으로 조기관별은 아동의 발달상에 문제가 있는 아동을 판별하는 것이다. 따라서 일반적인 아동의 발달에 대한 기준이 필요하다. 이 기준은 수행수준 뿐 아니라 매달 혹은 매년 아동이 얼마나 발달을 보여야 하는지(진전도)에 대한 기준 역시 의미한다. 뿐만 아니라 일반적인 수행수준 및 진전도(기준)를 보이지 못하는 아동을 수학학습장애 위험아동으로 판별하기 위해서 검사는 반복적으로 실시되어야 하기 때문에, 동형검사 역시 개발되어야 할 것이다.

본 연구는 수학학습장애 위험아동을 조기에 판별하기 위한 검사도구의 개발과 타당화를 위한 탐색적 연구이다. 학습장애 아동의 조기 판별에는 아직 많은 위험이 뒤따르지만, 다양한 연구에서는 이미 조기 중재의 장점에 대한 증거를 제시하고 있다. 수학학습장애 위험아동을 조기에 판별하여 중재를 제공함으로써, 학령기 이후 누적된 학습부진으로 인하여 학습장애로 판별되는 경우를 줄일 수 있다. 정확한 조기관별을 위하여 개발될 검사는 아동의 발달과정을 모니

터 할 수 있어야 하며, 학령 전기 아동의 발달 특성에 맞는 검사여야 할 것이다. 뿐만 아니라, 다양한 수감각에 대한 개념적 정의를 넘어서 다양한 전문가들이 동의하는 조작적 정의를 통하여 수감각 능력에 대한 하위 구인으로 이루어져야 한다. 또한 개발된 수감각 검사가 실제로 학생들의 비형식적 수학능력을 대표하고 이후 형식적 수학 영역에서의 능력을 예언할 수 있는 지표인지 확인해야 할 것이다. 이러한 검사 도구의 개발을 통하여 정확하게 수학학습장애 위험 아동의 조기 판별을 실시하고, 이후 반드시 집중적인 중재와 연계된다면, 학령기 이후 누적된 실패와 학습부진으로 학습장애로 판별되는 일을 최소화할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 김애화 (2006). 수학학습장애 위험학생 조기선별검사 개발: 교육과정중심측정 원리를 반영한 수감각 검사. *특수교육학연구*, 40(4), 103-133.
- 김희선 (2000). 수감각 발달을 위한 학습 프로그램 개발 연구 -초등학교 1학년을 중심으로-. 이화여자대학교 교육대학원. 석사학위 청구논문.
- 신춘화 (2005). 초등학교 6학년 학생의 수감각 실태 조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위 청구논문.
- 이양락 (2005). 국가수준 학업성취도 평가 연구(수학1). 한국교육과정평가원.
- 이준석, 조광순 (2004). 국내 영·유아 발달 선별 및 진단 검사도구에 대한 고찰: 표준화중인 검사도구를 중심으로. *특수교육저널: 이론과 실천*, 5(1), 1-26.
- 이태수 (2006). 수학학습장애아동의 연산능력 발달특성 분석. 서울대학교 대학원 박사학위 청구논문.
- 최혜진, 황해익 (2003). 유아수학능력검사 개발을 위한 기초연구. *유아교육연구*, 23(4), 273-296.
- 홍혜경 (1991). 유아의 수세기능력과 수리능력과의 관계에 관한 연구. *아동학회지*, 12(1), 78-90.
- 홍혜경 (1993). 한국 유아의 수 단어 획득을 위한 교수방법에 관한 연구. *유아교육연구*, 13(1), 115-132.
- Algozzine, B., Mercer, C. D., & Counterline, T. (1977). Labeling exceptional children: An analysis of expectations. *Exceptional Children*, 44, 131-132.
- Baker, S., Gersten, R., Katz, R., Chard, D. J., & Clark, B. (2002). *Preventing Mathematics difficulties in young children: Focus on effective screening of early number sense delays*. Eugene, OR: Pacific Institutes for Research.
- Baroody, A. (1998). *Fostering children's mathematical power: An investigative approach to K-8 mathematics instruction*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Case, L. P., Harris, K. R., & Graham, S. (1992). Improving the Mathematical problem-solving skills of students with learning disabilities: self-regulated strategy development. *The Journal of Special Education*, 26(1), 1-19.
- Case, R. (1998, April). *A Psychological model of number sense and its development*.

- Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. San Diego, CA.
- Case, R., & Sandieson, R. (1991). Testing for the presence of a central quantitative structure: Use of the transfer paradigm. In R. Case (Ed.), *The mind staircase: Exploring the conceptual underpinnings of children thought and knowledge*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chard, D. J. & Dickson, S. V. (1999). Phonological awareness: Instructional and assessment guidelines. *Intervention in School and Clinic*, 34(5), 261-270.
- Clark, B. (2002). *The Identification, Development, and Investigation of Early Mathematics Curriculum-Based Measurement*. Presented to the College of Education and Graduate School of the University of Oregon in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Clarke, B. & Shinn, M. R. (2004). A Preliminary Investigation into the Identification and Development of Early Mathematics Curriculum-Based Measurement. *School Psychology Review*, 33(2), 234-248.
- Felton, R. H. (1993). Effects of instruction on the decoding skills of children with phonological-processing problems. *Journal of Learning Disabilities*, 26, 583-589.
- Geary, D. C. (1994). *Children's Mathematical development: research and practical applications*. Washing: American Psychological Association.
- Gersten, R. & Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with Mathematical disabilities. *The Journal of Special Education*, 18(1), 18-28.
- Gersten, R, Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with Mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 293-304.
- Griffin, S. & Case, R. (1996). *Evaluating the breadth and depth of training effects when central conceptual structures are taught*. In R. Case & Y. Okamoto (Eds.), *The role of central conceptual structures in the development of children' thought*. Monographs of the Society for Research in Child Development, 61(1-2. No.246, 83-102). Chicago: University of Chicago Press.
- Griffin, S., Case, R., & Siegler, R. S. (1994). Rightstart: Providing the central conceptual prerequisites for first formal learning of arithmetic to students at risk for school

- failure. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Howell, S. & Kemp, C. (2005). Defining early number sense: A participatory Australian study, *Educational psychology, 25*(5), 551-571.
- Jordan, N. C. (1995). Clinical Assessment of early mathematics disabilities: Adding up the research findings. *Learning Disabilities & Practice, 10*(1), 59-69.
- Kaminski, E. (1996). Number sense: Developing mathematical understanding. *Curriculum and Teaching, 11*(1), 7-86.
- Landerl, K., A. & Butterworth, A. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition, 93*, 99-125.
- Leutinger, L. P. (1989). Marking sense of number. In Paul R. Trafton & Albert P. Shulte (Eds.). *New Directions for Elementary School Mathematics, 1989 Yearbook*, 112-122. VA: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- McCloskey, M. & Macaruso, P. (1995). Representing and using numerical information. *American Psychologist, 50*, 351-363.
- Malofeeva, E., Day, J., Saco, X., & Young, L. (2004). Construction and evolution of a number sense test with head start children. *Journal of Educational Psychology, 96*(4), 648-659.
- Mazzocco, M. M. & Thompson, R. E. (2005). Kindergarten Predictors of Math Learning Disability. *Learning Disabilities Research & Practice, 20*(3), 142-155.
- Marshall, S. (1989). Retrospective paper: Number sense conference. In J. Sowder, & B. Schappelle (Eds.), *Establishing foundation for research on number sense and related topics: Report of a conference* (pp.40-41). San Diego, CA: San Diego State University Center for Research in Mathematics and Science Education.
- McIntosh, A., Reys, B. J., & Reys, R. E. (1995). Subject learning in the primary curriculum: *A proposed framework for examining basic number sense*. New York: The Open University.
- Meisels, S. J. & Atkins-Burnett, S. (1994). *Developing screening in early childhood: a guide* (4thed.), Washington, DC: NAEYC.
- Meisels, S. J. & Wassik, B. A. (1990). Who should be served? Identifying children in need of early intervention. In Meisels, S. J. & Shonkoff, J. P. (Eds.), *Handbook of early childhood intervention* (pp.605-632). Cambridge University Press.

- Moss, J & Case, R. (1999). Developing children's understanding of rational number: A new model and experimental curriculum. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(2), 122-147.
- NCTM (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM, 38-47.
- Okamoto, Y. & Case, R. (1996). Exploring the microstructure of children's central conceptual structure in the domain of number. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61, 27-59.
- Resnick, L. B., Nesher, P., Leonard, F., Magone, M., Omanson, S., & Peled, I. (1989). Conceptual bases of arithmetic errors: The cases of decimal fractions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(1), 8-27.
- Reys, B. J. (1992). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics Addenda Series, Grade 5-8, Developing Number Sense in the Middle Grades*. National Council of Teachers of Mathematics, INC.
- Rivera-Batiz, F. L. (1992). Quantitative literacy and the likelihood of employment among young adults in the United States. *Journal of Human Resources*, 27(2), 313-28.
- Siegler, R. S. & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75, 428-444.
- Sowder, J. T. (1989). Introduction. In J. Sowder, & B. Schappelle (Eds.), *Establishing foundation for research on number sense and related topics: Report of a conference* (pp.1-6). San Diego, CA: San Diego State University Center for Research in Mathematics and Science Education.
- Torgesen J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (1994). Longitudinal studies of phonological processing and reading. *Journal of Learning Disabilities*, 27, 276-286.
- Torgesen, J. K. (2002). The prevention of reading difficulties. *Journal of School Psychology*, 40(1), 7-26.
- Van de Walle, J. A. (1998). *Research ideas for the classroom: Early Childhood Mathematics*. New York: Macmillan.
- Vaughn, S. & Fuchs, L. S. (2003). Redefining learning disabilities as inadequate response to instruction: the promise and potential problems. *Learning disabilities research & practice*, 18(3), 137-146.
- Vaughn, S., Linan-Thompson, S., & Hickman, P. (2003). Response to instruction as a

means of identifying students with reading/learning disabilities. *Exceptional Children*, 69, 391-409.

Yang, D. (1995). *Number sense performance and strategies possessed by sixth and eight grade students in Taiwan*. Unpublished doctoral dissertation, The university of Missouri-Columbia.

* 논문접수 2009년 7월 10일 / 1차 심사 2009년 8월 1일 / 2차 심사 2009년 9월 3일 / 게재승인 2009년 9월 20일

* 김동일: 서울대학교 교육학과 및 동 대학원을 수료하고 미국 미네소타 대학교 교육심리학과에서 학습장애 전공으로 석사, 박사학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 교육학과 교수로 재직 중이며, BK21 역량기반 교육혁신 연구사업단 참여교수로 있다. 주요 저서로는 「학습장애아동의 이해와 교육」, 「특수아동상담」, 「ADHD 학교상담」 등이 있다.

* e-mail: dikimedu@snu.ac.kr

* 허상: 단국대학교 특수교육과를 졸업하고, 서울대학교 대학원 협동과정 특수교육전공 석사학위를 취득하였으며, 현재 미국 Michigan State University 특수교육 박사과정에 재학 중이다.

* e-mail: ssang77@snu.ac.kr

* 김이내: 경인교육대학교 초등교육과를 졸업하고, 동 대학교 대학원에서 초등특수교육 전공으로 석사학위를 취득하였으며, 현재 서울대학교 특수교육전공 대학원에 재학 중이다.

* e-mail: irene0141@snu.ac.kr

* 이기정: 이화여자대학교 특수교육과를 졸업하고, 동 대학교 대학원에서 특수교육전공으로 석사학위를 취득하였으며, 서울대학교 협동과정 특수교육전공에서 박사학위를 취득하였다. 현재 미국 University of South Carolina, Programs in Special Education에서 Research Associate로 재직하고 있다.

* e-mail: sarline1@snu.ac.kr

Measuring Number Sense for Early Identification of Learning Disabilities in Math: A Review of Literature*

Dongil Kim** · Sang Hur*** · Ienai Kim**** · Kijyung Lee*****

Although the ability of mathematics has been emphasized during the last two decades, a number of children still struggle with math problems in school. Since the math ability develops hierarchically, early identification of at risk children is important to prevent severe failure later on. For early identification of at risk children in mathematics, we need to examine informal knowledge, such as early numeracy. These early numeracy skills are often represented as number sense. Many researchers reveal that the outcome of informal early mathematics instruction is number sense. Although there are some disagreements among researchers about the conceptual definition of number sense, number sense is understood as skills that provide a foundation for the acquisition of later mathematical abilities, and are resulted from experiences acquired prior to school entry. Thus, there are some measurements of number sense, but still these instruments have problems of administrating to children and identifying at risk children with learning difficulties. In present study, we reviewed literatures for investigating what the number sense is and which tests are developed and used for children. Throughout literature reviews, we revealed what characteristics of the measurement are for identifying at risk children with learning difficulties in math. These characteristics could be a foundation of developing test for early identification and intervention in Korea.

Key words: Mathematics, Learning Disabilities, Early Identification, Measurement, Number Sense

* This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (KRF-2008-327-B00584).

** Professor, Department of Education, Seoul National University

*** Michigan State University

**** Interdisciplinary Program in Special Education, Seoul National University

***** University of South Carolina, Corresponding Author