

비장애 아동의 한글쓰기 숙련도와 시선고정 간의 관련성

홍미영*, 이초희**, 김은빈***, 이연석****, 김은영*****

*순천향대학교 의료과학과 박사과정, **순천향대학교 작업치료학과 석사, ***순천향대학교 의료IT공학과 석사과정,
****순천향대학교 의료IT공학과 조교수, *****순천향대학교 작업치료학과 조교수

국문초록

목적 : 본 연구는 비장애 아동을 대상으로 한글쓰기 숙련도가 시선고정에 반영되는지를 알아보고자 하였다.

연구방법 : 만 7-9세 비장애 아동 21명이 본 연구에 참여하였다. 아동들은 Tobii Pro Glasses 2를 착용하고 10개 단어로 구성된 한글쓰기 과제를 수행하였다. 글자 크기 변이계수로 글씨쓰기 숙련도를 측정하였고, 시선추적장치에서 기록된 시선 위치 자료로부터 시선고정 빈도를 추출하였다. 글자 크기 변이계수와 시선고정 빈도 간의 상관분석을 실시하였다.

연구결과 : 세로크기 변이계수는 초당 시선고정 빈도와 정적으로 유의미한 상관을 나타냈다 ($r = .459, p < .05$). 이는, 글자 세로크기를 일관되게 쓰는 아동은 시선을 적은 위치에 고정함을 의미한다.

결론 : 본 연구는 비장애 아동을 대상으로 한글쓰기 수행과 시선고정 간의 관련성을 제시하였다. 본 연구는 한글쓰기 수행 동안 시선 움직임의 측정된 첫 시도로 향후 한글쓰기 발달 연구의 방향을 제시할 수 있을 것이다.

주제어 : 눈추적, 시선고정, 이미지 처리, 한글쓰기

. 서론

글씨쓰기는 언어의 시각적 형태인 글씨를 움직임 조절을 통해 외부 환경에 재현하는 활동이다. 글씨쓰기는 시각 형태 표상, 시각-운동 정보변환, 운동 조절과 같은 시각 운동 기능을 비롯하여 작업기억, 공간 조직화 등의 인지기능을 필요로 한다(Kaiser, Albaret, & Doudin, 2009; Schneck & Case-Smith, 2015). 이처럼 여러 신경계 영역이 관여한 신체 기능은 과제의 특성, 환경과 상호작용하여 글씨쓰기를 가능하게 한다.

글씨쓰기에 있어서 시각계의 비중은 학습 단계에 따라서 변화한다(O'Brien, 2015). 글씨쓰기의 초기 학습이 일어나는 인지 단계(cognitive stage)에서는 미세 운동을 조절함에 있어서 시각적 피드백이 중요하다. 이어지는 연합

단계(associative stage)에서는 글씨쓰기가 정교화 되면서 시각적 정보의 의존도는 감소하고 대신 고유수용성 및 운동 감각 피드백 사용은 증가한다. 글씨쓰기가 충분히 학습된 자동 단계(autonomous stage)에서는 글씨쓰기 수행 동안 의식적 주의를 적게 필요하며 수행을 모니터링하는 시각적 검토는 최소화된다.

운동 학습 수준에 따라 눈 움직임 패턴의 차이가 있다(Foerster, Carbone, Koesling, & Schneider, 2011). 숙련자는 비숙련자에 비해서 움직임을 수행하는 동안 시선을 상대적으로 적게 이동하여 적은 시선고정 횟수를 나타낸다(Holmqvist et al., 2011). 이러한 차이는 학습된 정보 인출과 과제 관련 정보 선택에 기인하는 것으로 제안된다(Mann, Williams, Ward, & Janelle, 2007). 다시 말해, 숙련자는 기억하고 있는 정보를 사용할 수 있기 때문에 현재 상황에서 새로 처리해야 할 정보가

교신저자: 김은영(eykim@sch.ac.kr) || *이 논문은 순천향대학교 학술연구비 지원과 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1C1B5018118).

접수일: 2019.05.03. || 심사일: (1차: 2019.05.19. / 2차: 2019.06.05.) || 게재확정일: 2019.06.18.

상대적으로 적을 뿐만 아니라 과제에서 어떤 정보가 보다 관련있는지를 알기 때문에 중요한 정보를 집중적으로 처리하여 적은 시선고정 횟수를 나타낸다.

운동 학습의 원리에 따라 발달하는 글씨쓰기에서도 숙련도에 따라 고정 횟수 차이가 나타날 가능성이 있다. 시선고정 위치가 자주 변한다는 것은 여러 곳에서 정보를 획득하는 것을 의미하는 반면, 시선고정 위치가 덜 변한다는 것은 비교적 적은 곳에서 정보를 획득하는 것을 의미한다. 본 연구에서 한글쓰기 숙련도에 따른 시선고정 빈도를 알아보고자 하였다. 글씨쓰기가 숙련됨에 따라 시선은 주요한 부분에 집중해서 머무는 경향을 나타낼 것이고, 이는 적은 시선고정 횟수에서 반영될 것으로 예측이 된다.

운동 기술의 숙련도 정도를 나타내는 대표적 지표는 수행의 일관성(consistency), 즉 움직임의 재현성이다(Willey & Liu, 2018). 수행의 일관성이란 긴 시간 범위에서는 회기에 걸쳐서 운동 기술을 비슷하게 수행하는 것이고, 짧은 시간 범위에서는 과제 내 세부 단위에 걸쳐서 유사하게 수행하는 것이다. 숙련자들은 높은 일관성을, 비숙련자들은 낮은 일관성을 나타낸다.

글씨쓰기의 일관성은 글자 크기의 일관성으로 측정된다. 외국에서 개발된 Test of Handwriting Skills-Revised THS-R(Milone, 2007), The Children's Handwriting Evaluation Scale(CHES)(Phelps, Stempel, & Speck, 1985), Here's How I Write(HHIW)(Cermak & Bissell, 2014)와 국내에서 개발된 학령기 아동의 글씨쓰기 평가 도구(Lim, 2017)는 글자 크기 일관성 항목을 포함한다. 예를 들어, 한글쓰기에 대한 평가 기준을 제시한 Lim(2017)의 연구에서는 세로길이가 가장 짧은 글자와 가장 긴 글자를 비교하여 그 차이가 1.5배 이상인지 판단하고, 가로 길이에 대해서도 같은 방식으로 판단하여 글자 크기 일관성 점수를 부여한다.

글자 크기의 일관성을 반영하는 통계적 계수로 변이계수(coefficient variation; CV)가 있는데, 이는 글자 크기의 표준편차를 산술평균으로 나눈 값이다. 표준편차는 각 자료가 얼마나 평균으로부터 떨어졌는지를 나타내는 값으로 표준편차가 크다는 것은 자료가 비일관적임을 의미한다. 하지만 표준편차는 자료의 수치 범위에 의해서 영향을 받을 수 있다. 예를 들어, 1-100 점수 범위에서 세 점수 30, 60, 90점의 평균은 60, 표준편차는 30인 A 조건 자료가 있고, 1-10 점수 범위에서 점수 3, 6, 9점의

평균은 6, 표준편차는 3인 경우가 있을 때, 표준편차는 A조건이 B조건보다 크지만, A조건이 B조건보다 자료가 비일관적이라고 보기 어렵다. 표준편차를 평균으로 나눈 변이계수의 경우 A조건과 B조건 모두 0.5가 된다. 변이계수를 글자 크기 일관성에 적용을 한다면, 글을 대체적으로 크게 쓰는 경우와 대체적으로 작게 쓰는 경우에 글자 크기 자체의 영향을 배제하여 평균 글자에 비해서 글자들이 어느 정도의 비율로 변이되는지를 알 수 있다.

본 연구에서는 글자 크기 일관성과 시선고정 빈도를 측정하여 비장애 아동의 글씨쓰기 숙련도를 측정하고자 하였다. 최근에 머리 움직임을 허용하는 시선추적장치의 개발로 일상 활동을 수행하는 동안 시선 움직임을 알아보는 것이 가능해졌다(Kim, Lee, & Kim, 2018). 시선추적 방식을 사용하여 아동의 글씨쓰기 수행 중 시선의 이동을 측정한 연구에서 연령에 따라 또는 글자에 대한 친숙도에 따라 눈 움직임이 달라진다는 결과를 보고하기 시작하였다(Fears & Lockman, 2018; Maldarelli, Kahrs, Hunt, & Lockman, 2015). 본 연구는 시선추적장치를 활용하여 비장애 아동을 대상으로 글씨쓰기 수행 중의 시선고정 빈도를 측정하고, 글씨쓰기 숙련도를 나타내는 변이계수를 산출하여 이 두 변인 간의 관련성을 알아보고자 한다. 본 연구는 글자 크기가 일관될수록 시선고정 빈도는 적을 것으로 예측한다.

· 대상 및 방법

1.

본 연구에 참가한 아동은 초등학교 21명으로 참가자의 평균 연령은 만 8.09세(표준편차, 0.74; 범위, 7세 9개월-9세 7개월; 남 16명)였다. 연구대상자 모집은 A시와 J시에 소재한 학원에서 이뤄졌다. 연구자는 보호자와 아동에게 연구 목적과 절차를 설명하였고, 보호자가 연구 참가에 동의한 아동들을 대상으로 연구를 진행하였다. 유효시력이 1.0 이상이고, 인지적 문제가 없고, 한글을 읽고 쓸 수 있는 아동이 본 연구에 포함되었다.

2.

1) Tobii Pro Glasses 2

본 연구에서는 시선고정 횟수와 시선이 고정된 시간을 기록하기 위하여 Tobii Pro Glasses 2(Tobii AB, Stockholm, Sweden)를 사용하였다. Tobii Pro Glasses 2는 머리의 움직임을 허용하며 시선위치를 측정할 수 있는 장비이다. Tobii Pro Glasses 2를 활용하여 활동 중 시선위치를 측정 한 문헌들이 보고되고 있다(Hareide & Ostnes, 2017; Raptis, Fidas, & Avouris, 2018). 작업치료분야에서 최근 Kim 등(2018)은 집슨손기능평가 수행 시 시선이동을 분석하였고, Kunishige 등(2019)은 운전 동안 시선위치를 분석하였다. Tobii Pro Glasses 2는 카메라가 부착된 웨어러블 안경, 레코딩 유닛으로 이루어져 있다(Figure 1). Tobii Pro Glasses 2는 고글형 카메라를 통하여 피실험자의 시선 영상을 기록하고 빛의 반사점으로 동공을 식별하여 눈의 이미지를 관찰하는 방법으로 눈의 방향을 산출한다. 시선 기록 영상은 Tobii Pro Lab(Tobii AB, Stockholm, Sweden)을 통해 시선고정 시간, 시선이동 빈도 등의 정량적 데이터로 처리될 수 있다.

2)

본 연구에서 사용된 한글쓰기 과제는 Lee(2019)의 연구에서 사용한 단어를 포함하였다. 단어는 초등학교 1, 2학년의 국정 교과서에 수록된 기본 단어 중 10개 단어, “동넉”, “자유”, “양말”, “애벌레”, “축하”, “미끄럼틀”, “학용품”, “술래잡기”, “공원”, “운동화” 이었다(Lee, 2019). 제시된 글자 칸의 크기는



Figure 1. Tobii Pro Glasses 2 and Gaze Plot

는 1.7cm x 1.7cm이고, 글자체는 신명조체, 크기는 37.5pt이었다. 단어쓰기 칸은 제시된 글자 칸의 1.2cm 아래에, 자극 글자 칸의 크기와 동일한 크기로 제시되었다. 글자를 컴퓨터 이미지 처리로 분석하기 위하여 제시된 자극 종이 위에 겹쳐진 트레이싱지에 아동이 글씨를 쓰도록 하였다.

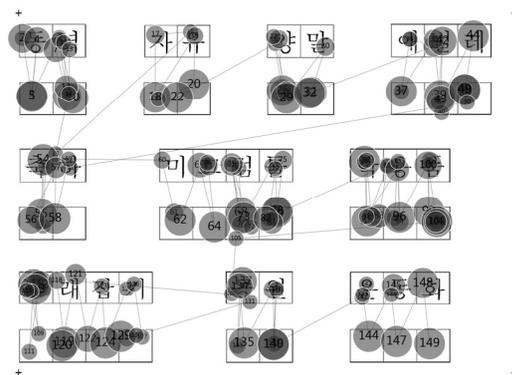
3.

실험은 학원의 분리된 조용한 공간에서 개별적으로 실시되었고, 약 15분 정도 소요되었다. 아동이 검사실에 입실하여 착석을 하면, 검사자는 시선추적 기록을 위한 안경을 아동에게 장착시켰다. 실험자는 아동의 시선위치를 보정하는 시선교정(calibration)의 과정을 진행한 후, 글씨쓰기 과제에 대한 설명을 Lee(2019)의 연구와 동일하게 하였다. “위에 네모 칸에는 단어가 적혀있고 아래에는 빈칸만 있습니다. 위에 있는 단어를 아래 칸에 그대로 적어주면 됩니다. (손으로 가리키며) 왼쪽 위에 있는 단어부터 작성하고 오른쪽 방향으로 써주세요. 한번 쓴 글자는 다시 쓸 수 없고 지우개는 사용할 수 없습니다. 최대한 이쁘고 정확하게 써주세요. 제가 시작이라고 하면 시작하겠습니다. 시작!”

4.

1)

시선 분석을 위해 Tobii Pro Lab의 시선고정 필터를 사용하여 쓰기 과제 동안의 시선고정을 찾아 시선고정 빈도(fixation count), 초당 시선고정 빈도(fixation count per second), 시선고정 평균시간(fixation mean duration)을 산출



하였고, 정량화 하였다. 시선고정 빈도는 과제 수행 동안 시선이 시각적 대상을 바라본 빈도를 의미하고, 초당 시선고정 빈도는 1초당 시선고정 빈도를 의미한다. 시선고정 평균시간은 시선이 한곳에 머물렀을 때의 평균시간을 의미한다.

2)

본 연구에서는 글자 크기를 측정하기 위하여 컴퓨터 기반 이미지 처리를 활용하였다(Lee, 2019). 글씨쓰기 결과물을 스캔하여 이미지 파일로 변환한 후 컴퓨터 이미지 처리 기법을 활용하여 글자를 배경에서 분리하였다. 아동이 쓴 각 글자의 위, 아래, 좌측, 우측의 경계 위치값을 산출하여 각 글자의 가로크기, 세로크기, 면적 크기를 구하였다. 각 크기 값에 대해서 표준편차를 평균으로 나누어 변이계수를 산출하였다.

3)

글쓰기와 시선고정의 상관성을 알아보기 위하여 각 변수 간의 피어슨 상관분석을 실시하였다. 자료 분석은 SPSS 22.0(Statistical Packages for Social Science Inc., Chicaco, IL, USA)통계 프로그램을 이용하였고, 통계적 검증에 위한 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Table 1. Descriptive result of visual fixation variables

	M	SD
Fixation count (unit: N)	195	67.42
Fixation count per second (unit: N)	1.87	0.63
Fixation mean duration (unit: second)	0.42	0.13

M: mean, N:number, SD: standard deviation

Table 2. Coefficient variation of Korean handwriting task

Task variable	M	SD
Word task	X size CV	0.21
	Y size CV	0.17
	Area size CV	0.25

CV: coefficient variation, M: mean, SD: standard deviation

Table 3. Correlation coefficients between visual fixation variables and size coefficient variation of the Korean handwriting task

	Korean handwriting task		
	X-size CV	Y-size CV	Area size CV
Fixation count	-.173	-.101	-.090
Fixation count per second	.180	.459*	.288
Fixation mean duration	.086	-.179	-.006

* $p<.05$, ** $p<.01$

CV: coefficient variation

. 결 과

1.

아동의 시선고정 빈도, 초당 시선고정 빈도, 시선고정 평균시간에 대한 기술통계 값은 Table 1에 나타나있다.

2.

아동의 한글쓰기 가로크기 변이계수, 세로크기 변이계수, 면적크기 변이계수는 Table 2에 제시되었다.

3.

아동의 시선고정 변수와 한글쓰기 변이계수 간의 상관성 분석 결과, 초당 시선고정 빈도와 글자 세로크기 변이계수 간 정적 상관관계($r = .459$, $p < .05$)가 유의하게 나타났다. 이는, 글자 세로크기가 일정할수록 초당 시선고정 빈도가 적음을 의미한다. 시선고정과 한글쓰기 변이계수 간의 상관성 분석은 Table 3에 제시하였다.

· 고 찰

본 연구는 비장애 아동을 대상으로 한글쓰기 과제 동안 시선추적 장치를 활용하여 아동의 시선고정 빈도를 측정하였다. 글씨쓰기 수행을 전산화 영상처리 과정을 통하여 변이계수로 정량화하였고, 수행 결과 요소와 시선 요소 간의 관련성을 규명하였다. 연구결과, 아동들의 글자 세로크기가 일관될수록 초당 시선고정 빈도가 낮은 것으로 나타났다. 즉, 글씨쓰기 수행이 좋을수록 덜 빈번하게 시선을 이동하였다. 이는 글씨쓰기에 숙련된 아동일수록 수행과 관련된 중요한 부분에 선택적으로 시선을 위치시켜 효율적으로 정보를 수집함을 가리킨다.

본 연구 결과는 운동 기술이 좋아질수록 수행의 일관성이 증가하고 시선고정 빈도가 낮아진다는 기존 연구결과들(Mann et al., 2007; Willey & Liu, 2018)에 추가적 증거를 제공한다. 글씨쓰기 동안 시선을 추적한 Maldarelli 등(2015)의 연구에서 아동은 성인보다 자극 단어에 대한 응시 횟수가 많았는데, 이는 본 연구에서 글씨쓰기가 미숙함에 따라 초당 시선고정 빈도가 증가한 것과 유사한 결과이다. 시선고정 빈도가 많은 것은 지각적 범위가 좁은 것에 기인할 가능성이 있다. 즉, 시선을 응시한 지점에서 처리될 수 있는 시각환경 범위가 제한되어 있으면 여러 범위를 처리하기 위해서 시선응시를 여러 지점을 해야 하고, 이는 다수의 눈 움직임과 높은 시선고정 빈도를 유발할 수 있다. 읽기 과제에서 숙련 독자들은 비숙련 독자에 비해 적은 시선고정 빈도를 나타내고 각 시선고정의 지각적 범위가 넓다(Rayner, Slattery, & Bélanger, 2010). 이는 본 연구에서 쓰기기술이 충분히 습득되지 않는 아동은 시각처리 정보 범위가 제한되어 있을 가능성을 암시한다.

쓰기과제에서 시선고정 빈도는 글자 친숙도에 따라라도 달라질 수 있다. 최근 영어권에서 친숙한 영어글자와 비친숙 심볼 쓰기 시 시선고정 차이를 밝힌 Fears와 Lockman(2018) 연구에 따르면 친숙한 영어글자보다 비친숙 심볼을 따라 쓸 때 아동들은 더 많은 시선고정 빈도를 나타냈다. 이는 글자 인식이 글씨쓰기 과제 동안 눈 움직임 요소에 영향을 미치는 것을 가리킨다. 본 연구에서 초당 시선고정 빈도가 높은 아동의 경우 낮은 아동에 비해 글자 인식을 더 어려워했을 가능성도 있다.

글자의 세로크기가 일관될수록 좋은 글씨쓰기 수행을 나타낸다는 본 연구의 결과는 글자 크기의 일관성에 대한 기존 글씨쓰기 연구의 측정치와 부합한다. 본 연구처럼 글씨쓰기

전산화 측정 시스템을 활용한 Falk, Tam, Schellnus와 Chau(2011)의 연구에서 영어 글씨 높이의 변이계수는 글자 크기에 대한 평가자의 평정과 상관을 나타냈다. 이는 글자 세로크기가 수행 수준을 반영하는 지표가 될 수 있음을 시사한다. 초당 시선고정 빈도와 가로크기 일관성 간의 상관이나 나타나지 않은 반면, 세로크기 일관성 간의 상관의 유의미하게 나타난 이유는 일상에서 경험하는 글씨쓰기 과제의 특성에 기인한 것으로 추정된다. 본 연구에서 사용된 네모 칸은 세로크기와 가로크기를 모두 고려하도록 하지만, 아동들이 학업 활동에서 경험하는 가로줄 공책은 가로크기보다 세로크기를 맞추는 것을 요구한다. 적절한 세로크기를 써야 하는 상황이 일상에서 빈번하게 제시되기 때문에 가로크기보다 세로크기를 적절하게 쓰는 능력이 더 강조된다. 이러한 이유로 세로크기 일관성이 글씨쓰기 숙련도를 보다 반영하고, 초당 시선고정 빈도와 관련될 가능성이 있다.

쓰기 과제 시 언어에 걸쳐서 시선이 유사하게 움직이는 측면도 있지만, 언어 특정한 시선 패턴이 있을 수 있다. 예를 들어, 읽기 동안 영어의 경우 진행성 도약안구 움직임의 크기가 평균 8철자이지만 한글의 경우 평균 4.5자, 일본어의 경우 3.6자, 중국어의 경우 2자이다(Lee, 2004). 읽기 과제에서 언어에 따른 도약안구 움직임의 차이는 읽기를 내포하는 따라쓰기 과제에서 언어에 따른 시선움직임 패턴이 다를 수 있음을 가리킨다. 따라서 영어권에서 진행된 글씨쓰기의 시선 움직임 요소를 바로 한글쓰기 상황에 적용하기가 어려울 수 있다. 본 연구는 한글쓰기 시 시선 움직임을 측정할 첫 시도도 향후 연구의 방향을 제시할 수 있다.

감각통합은 작업 수행을 위해서 감각을 처리하는 것(Ayres, 1979)을 의미한다. 감각통합이론에서 기본 감각인 촉각, 고유수용성감각, 전정감각은 작업 수행 중 계속적으로 입력되면서 적응 반응을 촉진한다. 일상에서 이 감각들은 시각과 함께 내외 환경 정보를 전달한다. 감각통합 평가에서 촉각, 고유수용성감각, 전정감각 기능을 측정하기 위해 의도적으로 시각을 차단하는 절차(Deitz, Kartin, & Kopp, 2007)는 일반적 상황에서 시각이 다른 감각들과 함께 작용함을 보여준다. 일상에서 작업을 수행할 때 체성감각 처리가 미숙하면 시각 정보에 대한 의존도가 높아질 수 있다. 본 연구에서 글씨쓰기 수행 시 체성감각 처리가 좋지 못하면 체성감각 피드백으로 수행이 어떤지 파악하기 어렵기 때문에 눈으로 글씨 쓰는 것을 자주 확인했을 가능성이 있다. 본 연구는 시선고정이 체성감각계의 기능을 나타낼 수 있다는 임상적 함의

점을 제시한다.

본 연구에서는 자극 제시 글자와 쓰기 칸의 거리가 가까우 따라쓰기 과제(near point copying)를 사용하였다. 향후 연구에서는 멀리서 제시된 글자 따라쓰기 과제(far point copying)에서 어떻게 아동의 시선이동이 일어나고 글씨쓰기 수행과 관련되는지 구체적으로 살펴볼 필요가 있다. 향후 연구의 또 다른 방향은 장애아동의 글씨쓰기 문제점 요소를 규명하는 것이다. 글씨쓰기 어려움이 있다고 보고되는 대표적인 장애로는 쓰기장애를 포함한 학습장애(Baker, Gersten, & Graham, 2003; Graham, Harris, MacArthur, & Schwartz, 1991), 발달성협응장애(Rosenblum, Margie, & Engel-Yeger, 2013), 주의력결핍과잉행동장애(Rodriguez et al., 2015) 등이 있다. 비장애 아동과 장애 아동의 글씨쓰기 차이점, 진단에 따른 글씨쓰기의 특징에 대한 향후 연구가 요구된다. 아동의 신체기능 및 정신기능의 개인차에 따른 글씨쓰기 능력의 차이를 규명하는 것도 필요하다. 쓰기 어려움이 있는 아동에게 쓰기 중재를 적용하고 중재 효과를 검증함에 있어 글씨쓰기 향상이 시선고정에 어떻게 반영되는지에 대한 체계적 향후 연구는 수행과 눈 움직임 간의 관계에 대한 이해를 심화시킬 것이다.

. 결 론

본 연구는 아동의 한글쓰기 숙련도와 시선고정 간의 관련성을 분석하였고, 그 결과 글자 세로크기가 일관적일수록 초당 시선고정 빈도가 적은 것을 알 수 있었다. 본 연구는 시각계의 역할을 시선추적으로 측정하고, 글씨쓰기 수행결과를 컴퓨터 이미지 처리를 활용하여 정량적 변이계수로 측정하였다. 한글쓰기 측정을 객관화 하고자하는 본 연구의 시도가 향후 글씨쓰기 연구의 기초가 될 것으로 기대해 본다.

참고 문헌

Ayres, A. J. (1979). *Sensory Integration and the Child*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.

Baker, S., Gersten, R., & Graham, S. (2003). Teaching expressive writing to students with learning disabilities: Research-based applications

and examples. *Journal of Learning Disabilities*, 36(2), 109-123. <https://doi.org/10.1177/002221940303600204>

Cermak, S. A., & Bissell, J. (2014). Content and construct validity of Here's How I Write (HHIW): A child's self-assessment and goal setting tool. *American Journal of Occupational Therapy*, 68(3), 296-306. <http://dx.doi.org/10.5014/ajot.2014.010637>

Deitz, J. C., Kartin, D., & Kopp, K. (2007). Review of the Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency, (BOT-2). *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 27(4), 87-102. https://doi.org/10.1080/J006v27n04_06

Falk, T. H., Tam, C., Schellnus, H., & Chau, T. (2011). On the development of a computer-based handwriting assessment tool to objectively quantify handwriting proficiency in children. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 104(3), 102-111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2010.12.010>

Fears, N. E., & Lockman, J. J. (2018). How beginning handwriting is influenced by letter knowledge: Visual-motor coordination during children's form copying. *Journal of Experimental Child Psychology*, 171, 55-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2018.01.017>

Foerster, R. M., Carbone, E., Koesling, H., & Schneider, W. X. (2011). Saccadic eye movements in a high-speed bimanual stacking task: Changes of attentional control during learning and automatization. *Journal of Vision*, 11(9), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1167/11.7.9>

Graham, S., Harris, K., MacArthur, C., & Schwartz, S. (1991). Writing and writing instruction for students with learning disabilities: Review of a research program. *Learning Disability Quarterly*, 14, 89-114. <https://doi.org/10.2307/1510517>

Hareide, O. S., & Ostnes, R. (2017). Maritime usability study by analysing eye tracking data. *Journal of Navigation*, 70(5), 927-943. <https://doi.org/10.1017/S0373463317000182>

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press. <http://dx.doi.org/10.1080/17470218.2015.1098709>

- Kaiser, M. L., Albaret, J. M., & Doudin, P. A. (2009). Relationship between visual-motor integration, eye-hand coordination, and quality of handwriting. *Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention* 2(2), 87-95. <https://doi.org/10.1080/19411240903146228>
- Kim, H. J., Lee, C. H., & Kim, E. Y. (2018). Temporal differences in eye-hand coordination between children and adults during manual action on objects. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy*, 31(2), 106-114. <https://doi.org/10.1177/1569186118819892>
- Kunishige, M., Fukuda, H., Iida, T., Kawabata, N., Ishizuki, C., & Miyaguchi, H. (2019). Spatial navigation ability and gaze switching in older drivers: A driving simulator study. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy*, 32(1), 22-31. <https://doi.org/10.1177/1569186118823872>
- Lee, C. G. (2004). *Eye movements for reading Korean*. Seoul: Seoul National University.
- Lee, C. H. (2019). *A study Korean handwriting assessment using computer-based image processing*. Master's thesis, Soonchunhyang University, Asan, Korea.
- Lim, K. M. (2017). *Development of the evaluation tool of school-aged children's handwriting*. Doctoral dissertation, Yonsei University, Wonju, Korea.
- Maldarelli, J. E., Kahrs, B. A., Hunt, S. C., & Lockman, J. J. (2015). Development of early handwriting: Visual-motor control during letter copying. *Developmental Psychology*, 51(7), 879-888. <http://dx.doi.org/10.1037/a0039424>
- Mann, D. T., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(4), 457-478. <http://dx.doi.org/10.1123/jsep.29.4.457>
- Milone, M. (2007). *Test of Handwriting Skills-Revised*. Novato, CA: Academic Therapy Publications.
- O'Brien, J. (2015). Application of motor control/motor learning to practice. In J. Case-Smith, & J. C. O'Brien (Eds.), *Occupational therapy for children and adolescents* (7th ed., pp. 193-219). St. Louis: Mosby.
- Schneck, C. M., & Case-Smith, J. (2015). Prewriting and handwriting skills. In J. Case-Smith, & J. C. O'Brien (Eds.), *Occupational therapy for children and adolescents* (7th ed., pp. 498-524). St. Louis: Mosby.
- Phelps, J., Stempel, L., & Speck, G. (1985). The children's handwriting scale: A new diagnostic tool. *Journal of Educational Research*, 79(1), 46-50. <http://dx.doi.org/10.1080/00220671.1985.10885646>
- Raptis, G. E., Fidas, C., & Avouris, N. (2018). Effects of mixed-reality on players' behaviour and immersion in a cultural tourism game: A cognitive processing perspective. *International Journal of Human-Computer Studies*, 114, 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.02.003>
- Rayner, K., Slattery, T. J., & Bélanger, N. N. (2010). Eye movements, the perceptual span, and reading speed. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(6), 834-839. <http://dx.doi.org/10.3758/PBR.17.6.834>
- Rodríguez, C., Areces, D., García, T., Cueli, M., Loew, S. J., & González-Castro, P. (2015). ADHD and writing learning disabilities: Overlapping disorders and educational implications. *Insights into Learning Disabilities*, 12(2), 121-146.
- Rosenblum, S., Margieh, J. A., & Engel-Yeger, B. (2013). Handwriting features of children with developmental coordination disorder-results of triangular evaluation. *Research in Developmental Disabilities*, 34(11), 4134-4141. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.08.009>
- Schneck, C. M., & Case-Smith, J. (2015). Prewriting and handwriting skills. In J. Case-Smith, & J. C. O'Brien (Eds.), *Occupational therapy for children* (5th ed., pp. 498-524). St. Louis: Mosby.
- Tobii Pro Glasses 2 [Apparatus]. (2014). Stockholm, Sweden: Tobii AB.
- Tobii Pro Lab (Version 1.55) [Computer software] (2017). Stockholm, Sweden: Tobii AB.
- Wiley, C. R., & Liu, Z. (2018). Long-term motor learning: Effects of varied and specific practice. *Vision Research*, 152, 10-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2017.03.012>

Abstract

The Relationship Between Korean Handwriting Skill and Visual Fixation

Hong, Mi Young*, M. S., O. T., Lee, Cho Hee**, M. S., O. T., Kim, Eunbin***, B. S.,
Lee, Onseok***, Ph. D., Kim, Eun Young**, Ph. D., O. T.

*Dept. of Medical Science, Soonchunhyang University,

**Dept. of Occupational Therapy, Soonchunhyang University,

***Dept. of Medical IT Engineering, Soonchunhyang University

Objective : This paper aimed to measure the relationship between the performance of Korean handwriting and visual fixation for children.

Methods : Twenty-one typically developing children aged 7 to 9 years participated in the study. The children performed Korean handwriting task wearing Tobii Pro Glasses 2. The Korean handwriting task consisted of 10 words from elementary school textbooks. The handwriting skill was measured by the coefficient variation of the letter size and the fixation count and duration. Correlation analysis was performed to investigate the relation between visual fixation and the coefficient variation of the letter size.

Results : The results showed that the visual fixation per second was positively correlated with Korean handwriting vertical size coefficient variation, indicating that the more consistent the vertical size of the letter, the smaller the fixation count per second.

Conclusion : The results suggested a relation between the performance of Korean handwriting and visual fixation in typically developing children. This study is the first attempt to measure eye movement during the Korean handwriting process, and suggests a future direction for research on students' development in writing Korean.

Key words : eye-tracking, image processing, Korean handwriting, visual fixation