

가상 물리감 햅틱 피드백이 영유아의 소근육 발달에 미치는 긍정적 효과*

이현진[○] 전석희
경희대학교 컴퓨터공학과
hzyiunn@gmail.com, jeon@khu.ac.kr

The Positive Effect of Virtual Physical Haptic Feedback on Children's Fine Motor Development

Hyunjin Lee[○] Seokhee Jeon
Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

소근육 발달은 다른 영역의 발달에 큰 영향을 미치는 가장 중요한 발달 영역 중 하나이다. 최근 많은 영유아들이 전자기기에 노출됨에 따라 이러한 소근육 발달이 결정적 시기에 이루어지지 못하고 있다. 본 논문에서는 감각적인 자극을 주는 햅틱 피드백이 영유아의 소근육 기술 향상 및 발달에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 제시한다.

1. 서 론

영유아들은 평생을 걸쳐 전 영역에서 발달하며 성장한다. 우리는 이것을 ‘전 생애 발달’이라고 부른다. 발달은 키나 체중의 증가와 같은 양적인 성장만이 아닌, 정신적 변화와 같은 질적인 변화 또한 의미한다. 인간의 발달은 언제든 발생하는 것이 아니라 발달 영역에 따라 ‘결정적 시기’가 있다. 이 시기에 발달은 급격하게 진행되며, 만약 이 시기에 발달이 충분히 이루어지지 않는다면, 영구적인 결함을 낳을 수 있다.

소근육의 발달은 뽐기, 쥐기, 옮기기, 놓기 등의 기술을 포함하여 손의 미세한 근육을 사용하는 것을 말하며, 뇌를 자극하여 다른 영역의 발달에 큰 영향을 미친다. 때문에 오감을 통한 감각 자극이 중요한데, 이를 통해 유아들의 소근육이 발달되고, 인지 및 지각 발달에도 영향을 미친다[1].

사회가 변화하고 다양하게 발전함에 따라 최근 스마트폰이나 아이패드와 같은 전자 기기가 영유아들에게 일찍 노출되고 있으며, 과거에 비해 전자 기기 사용 또한 빨라지고 있다. 교육기관이나 가정에서는 영유아들의 소근육 발달을 위해 가위, 블록, 구슬, 퍼즐 등 다양한 교재 교구를 제공하지만, 사회가 변함에 따라 이런 교재 교구 또한 변화의 필요성이 대두되고 있다.

영유아들이 전자 기기에 일찍 노출되는 것에 다양한 의견이 있다. 언어 및 인지 기능 발달 등의 측면도 있지만, 소근육 발달 저해, 주 양육자와의 애착 형성 어려움, 공감능력과 자조 행동 발달 저하 등의 부정적인 시선 또한 존재한다.

현재 대부분의 교육기관에서 소근육 발달을 위해 사용하는 교재교구는 이런 실태 반영이 이루어지지 못한다. 때문에 현장에서 영유아의 지속적인 흥미를 유발시키고, 변화하는 시대

에 맞추어 새로운 타입의 교재교구가 필요한 실정이다.

햅틱이란, 사람에게 촉감을 전달하는 방법에 대해 연구하는 학문으로 사용자에게 힘, 진동, 모션을 적용함으로써 터치와 느낌을 구현하는 기술이다. 말하자면 촉감을 통하여 힘과 운동감을 느끼게 하는 것이다[2]. 햅틱은 촉감과 관련 있는 기술이기 때문에 아주 효과적인 교육 자료라고 할 수 있다. 앞서 말했듯, 영유아는 오감을 통한 감각 자극이 중요한데, 이를 햅틱 기술이 지원해줄 수 있기 때문이다. 선행연구에 따르면, visuo-haptic 트레이닝 이후 글자에 대한 필기 유창성과 움직임이 향상되었을[3] 뿐만 아니라 Unity 환경에서 구현된 햅틱 기술이 유저에 대한 완전한 진단과 다른 이동성 기능 장애 식별이 가능하다[4]는 것을 알 수 있다. 최근 한 연구[5]에서는 가상 환경에서 force feedback, vibrotactile feedback, 그리고 피드백이 없는 경우로 나누어 피실험자로 하여금 소근육을 조절해 컬러링(coloring) 태스크(task)을 진행토록 하였는데, force feedback의 상당한 우수성과 높은 성능을 제시했다.

3D Unity와 햅틱 디바이스, 펜 모양의 햅틱 인터페이스, 햅틱 장갑 등이 새로운 교재교구로 활용되고 있지만, 이와 같은 자료들은 실제 영유아들이 소근육 발달을 위해 사용하는 교재교구와 거리가 멀다. 또한 대부분의 콘텐츠가 게임이나 글자 쓰기에 국한되어 있고, 햅틱 콘텐츠의 대상자가 자폐와 같은 장애를 가진 아동이라는 제한점이 있다.

본 연구에서는 Geomagic® Touch X를 이용하여 햅틱 피드백을 사용한다. 이 햅틱 디바이스는 SensAble Technologies Inc.에서 발명된 것으로 진동이나 force feedback 뿐만 아니라 kinesthetic feedback을 위한 디자인으로 스타일러스가 부착되어 핸들처럼 이용할 수 있다. 디바이스는 3-DoF(Degree of Freedom)를 가지며 스타일러스의 윗부분에는 버튼이 있어 가상의 물체를 집거나 들어 올리는 등의 추가적인 동작 구현도 가능하다.

*본 연구는 한국전자통신연구원 연구운영비지원사업의 일환으로 수행되었음. [22ZS1300, 인공지능 처리성능 한계를 극복하는 고성능 컴퓨팅 기술 연구]

2. 연구 방법

2.1 설계 및 측정



Figure1. Unity 환경에서 구성한 칠교놀이

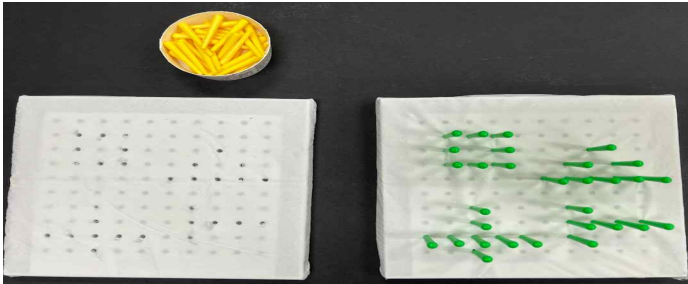


Figure2. Peg it, 왼쪽 : peg 꽂기 전, 오른쪽 : peg 꽂은 후

본 실험의 가설은 햅틱 피드백이 소근육 발달에 긍정적인 영향을 미친다는 것이다. 본래 실험 대상은 소근육 조절에 있어 결정적인 시기를 보내는 만2세~3세 영유아를 대상으로 진행하려고 하였으나, 코로나19로 인하여 원활한 실험 진행이 어려워 성인 10명을 대상으로 파일럿 테스트를 진행했다. 대상자들은 나이, 성별, 주로 사용하는 손, 실제 느낌과의 유사성, Unity 사용 전 후로 peg board 테스트를 진행함에 있어서 느껴지는 변화, 손가락 소근육 사용 정도에 대해 설문을 응답한다. 수집된 자료는 IBM SPSS Statistics 26.0을 사용하여 통계분석하였다. 그리고 성인을 대상으로 하였기 때문에 소근육 발달을 더 잘 파악할 수 있도록 본인이 주로 사용하지 않는 손을 이용하여 실험에 참여할 수 있도록 하였다.

실험은 햅틱 피드백 유무에 따른 태스크(task)의 비교를 목표로 한다. 칠교놀이를 실행하기 전, 평가를 위한 peg board 테스트를 진행한다. Peg board 테스트는 주로 소근육 기술이 미숙하거나 뇌졸중 등의 질병으로 인해 완전한 소근육 기술을 사용하기 어려운 환자들을 대상으로 사용되는 평가도구이다. 엄지와 검지를 이용해 peg를 조작하는 능력을 평가하는 테스트로, 소근육 운동 및 지각 운동 능력 평가가 가능하며 이를 척도로 대상자의 소근육 발달 상태를 가늠해볼 수 있다. Peg board 테스트에도 여러 종류가 있는데, NHPT(Nine Hole Peg Test), Purdue Pegboard Test, Moberg Pick-up Test, Minnesota Rate of Manipulation Test 등[6]이 대표적인 예라고 할 수 있다. 본 논문에서는 Peg-It이라는 이름의 치료용 평가 peg board를 사용한다. Peg를 board에 옮기는 데에 소요되는 시간 및 정확성을 측정하여 소근육 기능을 평가한다.

본 실험에서는 성인을 대상으로 하기 때문에 peg board에 저항성을 주기 위해 board위에 휴지를 추가하여 실험을 진행하였다. 햅틱 유무 실험을 위해 Unity 환경에서 구현한 태스크

(task)는 실제 교육 현장에서 소근육 발달을 위해 교재교구로 이용하는 칠교놀이이다. 때문에 선행 연구들에 비해 태스크(task)가 영유아들에게 더 익숙하여 활동 방법에 대해 더 쉽게 이해하고 활동에 몰입하는 정도가 더 높을 수 있다는 장점이 있다.

Unity 환경에서 구현된 햅틱 피드백은 OpenHaptics plugin을 사용하였다. Grabber의 경우 Physics Toggle Style은 On touch, 퍼즐 조각의 각 표면은 마찰력(dynamic friction = 1, static friction = 10, bounciness = 0)값을 가지며, Haptic Plugin을 통해 Touch X가 가지는 Physics Force Strength와 Physics Force Damping값은 각각 0.2로 구현되었다. 햅틱 피드백이 없는 경우에는 Grabber의 경우 Physics Toggle Style은 On Grab, 마찰력과 진동은 값이 없으며, Physics Force Strength와 Physics Force Damping값은 각 0.001로 Unity 환경에서 피드백이 나타나지 않는 정도의 값으로 구현되었다.

2.2 실험 과정

피실험자는 두 그룹으로 나뉘어 햅틱 효과가 있거나 없는 Touch X를 사용한다. 본 실험을 진행하기 전, peg board 테스트를 진행한 후, 테스트를 진행함에 있어 소요된 시간과 peg를 떨어뜨리거나 구멍에 한 번에 끼우지 못한 경우를 기록한다. Peg board 테스트 후, Unity 환경에서 칠교놀이를 진행한 후 동일하게 peg board 테스트를 다시 진행한다. 모든 실험이 끝난 후, 피실험자는 실험 후에 설문에 응답한다.

2.3 실험 결과

변인	햅틱 피드백 없음		햅틱 피드백 있음		t	P
	M	SD	M	SD		
실수 차	.40	.89	3.40	2.61	-2.43*	.041
시간 차	00:07.49	00:02.04	00:13.00	00:05.15	-2.22	.074
태스크 시간	09:23.91	04:11.12	07:15.35	06:19.08	.63	.545
실감	2.00	1.00	4.60	.55	-5.10**	.001
peg board 전후	3.80	1.10	4.40	.55	-1.10	.305
소근육 사용 정도	3.00	1.41	5.00	.00	-3.16*	.034

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

Table1. 햅틱 피드백 유무에 따른 주요 연구변인들의 차이

햅틱 피드백 유무에 따른 주요 연구 변인들의 차이를 알아보기 위해 독립표본 t-검증을 실시한 결과는 Table1에 제시하였다. 결과에 따르면 햅틱 피드백에 따른 실수 차이, 실감, 소근육 사용 정도에 있어 유의미한 차이를 나타냈다.

구체적으로 살펴보면, 실수 차의 경우 햅틱 피드백이 있는 경우($M=3.40$, $SD=2.61$)가 없는 경우($M=.40$, $SD=.89$)보다 크게 나타났고, 실감의 경우 햅틱 피드백이 있는 경우($M=4.60$, $SD=.55$)가 없는 경우($M=2.00$, $SD=1.00$)보다 높게 나타났다. 소근육 사용 정도도 햅틱 피드백이 있는 경우($M=5.00$, $SD=.00$)가 없는 경우($M=3.00$, $SD=1.41$)의 보다 더 높게 나타났음을 알 수 있다. 즉, 햅틱 피드백이 있는 경우 소근육 기술 사용 및 발달 정도에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

주요 연구 변인들의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson 상관관계분석과 Spearman 상관관계분석을 실행하였으며 그 결과는 Table2, 3과 같다. 햅틱 피드백이 있는 경우, Pearson상관계수로 분석할 때 peg를 잘못 끼운 횟수($r=-.652$, $p=0.05$), 실감($r=-.874$, $p=0.01$), 소근육 사용 정도($r=-.745$, $p=0.05$)에서 유의미한 결과가 나타났고, Spearman 상관계수로 분석하면 잘

못 끼운 횟수($r=-.817$, $p=0.01$), 측정 시간 변화($r=-.661$, $p=0.05$), 실감($r=-.889$, $p=0.01$), 소근육 사용 정도($r=-.797$, $p=0.01$)에서 음의 상관관계가 나타났다. 다시 말해, 햅틱 피드백이 있을수록 실수 횟수, 측정 시간이 감소하고 실재와 비슷하게 느끼며 소근육을 많이 사용한다고 할 수 있다.

변인	1	2	3	4	5	6	7
1. 햅틱 효과 유무	1						
2. 실수 차	-.65*	1					
3. 시간 차	-.62	.68*	1				
4. 테스트 시간	.22	.37	.22	1			
5. 실감	-.87**	.71*	.53	-.25	1		
6. peg board 전후	-.36	.42	.22	.38	.54	1	
7. 소근육 사용 정도	-.75*	.55	.44	-.06	.75*	.63	1

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

Table2. 주요 연구변인들 간의 상관관계분석(Pearson)

변인	1	2	3	4	5	6	7
1. 햅틱 효과 유무	1						
2. 실수 차	-.82**	1					
3. 시간 차	-.66*	.47	1				
4. 테스트 시간	.31	-.10	-.14	1			
5. 실감	-.89**	.86**	.56	-.30	1		
6. peg board 전후	-.32	.32	.21	.34	.49	1	
7. 소근육 사용 정도	-.80**	.68*	.44	-.11	.75*	.62	1

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

Table3. 주요 연구변인들 간의 상관관계분석(Spearman)

2.4 논 의

본 연구결과 햅틱 피드백이 있는 칠교놀이를 진행한 경우, peg를 떨어뜨리거나 한 번에 끼우지 못하는 등의 행동은 평균적으로 3.4회가 감소하였고, peg board 테스트를 실행하는 데 소요된 시간은 평균적으로 13초가 감소하였다. 또한 실감(4.6/5점), peg 테스트의 전후 차이 체감 정도(4.4/5점), 소근육의 사용 정도(5/5점)로 나타났다. 햅틱 피드백이 없는 경우는 실수 횟수(0.4회), 소요 시간 차(7초 13), 실감(2/5점), 전후 차(3.8/5점), 소근육 사용(3.2/5점)로 나타나 전체적으로 점수가 더 낮게 나타났다.

피실험자는 각각 Unity환경에서의 칠교놀이를 길게는 18분에서 짧게는 2분가량을 사용하였고, 대상이 성인이기 때문에 1번의 짧은 테스트(task)를 진행했다고 소근육이 발달된다는 결과가 도출되기는 어렵다. 또한 peg board 테스트가 같은 날 진행되었기 때문에 반복 학습으로 인한 경험 효과로 작용할 수 있으므로 영향 요인을 파악할 필요가 있다.

하지만 비교적 발달이 덜 된 손(주로 사용하지 않는 손)으로 peg board 테스트를 진행하였고, 소요된 시간과 peg를 떨어뜨리는 횟수의 변화가 피드백 유무와 관계없이 모두 감소하였지만, 그 정도의 차이를 비취볼 때 햅틱 피드백을 사용하는 것이 소근육을 조절하는 데 더 도움이 된다고 볼 수 있다. 서론에서 언급했듯, 감각 자극을 통해 여러 기술을 이용하며 소근육이 발달되기 때문에 본 실험과 같은 햅틱 피드백이 감각적 자극과 팔을 뻗거나 옮기는 것뿐만 아니라 손 끝의 힘을 이용해 물건을 잡고 놓는 행동을 통해 소근육 발달에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 여겨진다.

3. 결론 및 향후 연구

본 연구는 영유아의 소근육 발달에 미치는 햅틱 피드백에 대

한 상관관계 연구이다. 실험 결과, 햅틱 피드백이 있을수록 실제 환경과 유사함을 느끼며 소근육을 많이 사용하고 잘 조절할 수 있음을 알 수 있다. 또한 햅틱 피드백이 없는 Touch X를 사용한 것보다 햅틱 피드백이 있는 Touch X를 사용한 것이 peg board 테스트의 전후의 실수나 시간 변화, 실감, 소근육을 사용한 느낌에 있어 더 큰 차이를 보였다.

본 연구는 적은 인원(10명)의 성인을 대상으로 임의추출 하였으므로, 연구결과를 일반화 하는데 제한이 있을 수 있다. 때문에 향후 연구에서는 영유아를 대상으로 하여 확대한 연구를 제안한다. 또한 피실험자들에게 Unity 환경에서 구현된 칠교놀이를 동일한 시간동안 장기적으로 수행(예: 매일 10분씩 일주일 간 실험 등)하게 하고, 터치 스크린과 햅틱 디바이스를 함께 사용하여 소근육 발달과 햅틱 피드백의 영향을 더 명확하게 분석할 수 있는 연구 진행의 필요성이 있다.

본 연구에서 진행한 테스트(task)는 단기간의 포괄적이지 못한 대상이 선정되었지만, 소근육 기술 향상에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이 결과를 통해 특정한 기술(예: 글씨 쓰기)만이 아니라, 소근육 발달에 전반적으로 긍정적인 영향을 미친다고 볼 수 있기 때문에 다양한 콘텐츠(예: 젠가, 퍼즐 등)로도 활용될 수 있다. 또한 소근육 발달이 미숙한 일반 영유아, 뇌졸중이나 치매를 앓고 있는 환자, 노인 등 보다 다양한 계층을 대상으로 한 햅틱 교육으로도 응용이 가능하다. 더불어 인지 기능이나 기타 뇌 발달과의 연관성과 같은 융합 연구를 통해 햅틱 피드백에 대한 더 큰 파급효과를 기대해볼 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 강란해, 보육학개론, 서울: 창지사, 2006.

[2] 경기옥&박준석, 햅틱스 기술개발 동향 및 연구 전망. [ETRI]전자통신동향분석, 21, 5, 93-108, 2006.

[3] Palluel-Germain, R., Bara, F., De Boisferon, A. H., Hennion, B., Gouagout, P., & Gentaz, E, A visuo-haptic device-telemaque-increases kindergarten children's handwriting acquisition, In Second Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, WHC'07, 72-77, 2007.

[4] Emery, C., Samur, E., Lambercy, O., Bleuler, H., & Gassert, R, Haptic/VR assessment tool for fine motor control. In International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications, 186-193, 2010.

[5] Richard, Grégoire, et al. "Studying the role of haptic feedback on virtual embodiment in a drawing task." Frontiers in Virtual Reality 1 (2021): 28.

[6] Acharya, K. A., Bhat, S., Kanthi, M., & Rao, B. K, Fine motor assessment in upper extremity using custom-made electronic pegboard test. Journal of Medical Signals & Sensors, 12, 1, 76, 2022.