creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

교육학박사 학위논문

유아의 가정 소근육운동 경험, 소근육운동 기술, 실행기능의 관계

: f-NIRS를 활용한 전전두엽 활성화의 확인

2023년 8월

서울대학교 대학원

협동과정 유아교육 전공

박 지 은

유아의 가정 소근육운동 경험, 소근육운동 기술, 실행기능의 관계

- f-NIRS를 활용한 전전두엽 활성화의 확인

지도교수 최 나 야

이 논문을 교육학박사 학위논문으로 제출함
2023년 5월

서울대학교 대학원
협동과정 유아교육 전공
박 지 은

박지은의 박사 학위논문을 인준함
2023년 7월

위 원 장 _____ 이 강 이 _____ (인)

부위원장 _____ 박 유 정 _____ (인)

위 원 _____ 김 지 원 _____ (인)

위 원 _____ 강 수 정 _____ (인)

위 원 _____ 최 나 야 _____ (인)

국문초록

이 연구는 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계를 규명하고자 유아의 소근육운동 기술이 실행기능을 예측하는지 살펴보고, 유아가 소근육운동 기술을 사용할 때 활성화되는 전전두엽의 특정 영역 및 정도를 관찰하였다. 이와 더불어 환경의 영향을 확인하기 위하여 가정에서의 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 예측하는지 알아보고자 하였다. 지금까지 다수의 선행연구들을 통해 유아기 운동기술과 인지기능의 긍정적인 관계는 확인되었지만, 유아의 운동기술을 가정에서의 운동 경험과 함께 고려하여 인지기능과의 관계를 살펴본 연구는 드물었다. 특히 유아의 소근육운동 기술 수준과 소근육운동이 이루어질 때 전전두엽의 활성화 정도를 동시에 고려한 연구는 찾기 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 소근육운동 기술이 실행기능에 대한 설명력을 갖는지 하위요인별로 나누어 살펴보고, 유아가 소근육운동 기술 과제를 수행하는 동안 활성화되는 전전두엽의 영역과 정도를 관찰하여 소근육운동 기술과 실행기능 간의 관계를 확인하고자 하였다. 더불어 환경적인 요인으로 가정 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술에 대한 설명력을 갖는지 살펴봄으로써 소근육운동 기술과 실행기능의 관계를 보다 구체적이고 과학적인 방법으로 밝히고자 하였다.

이러한 연구 목적을 위해, 경기도 소재 유아교육기관 6곳에 다니는 5세 유아 107명과 그 부모 107명을 대상으로 자료를 수집하여 분석하였다. 먼저 유아를 대상으로 소근육운동 기술(운동 정밀성/운동 통합/손 기민성)의 과제 수행과 소근육운동 과제 수행 시 전전두엽 피질의 활성화 정도를 측정하였고, 실행기능 과제도 실시하였다. 유아의 부모를 대상으로는 사회인구학적 특성과 가정에

서의 소근육운동 경험에 관한 질문지 조사를 수행하였다. 수집된 자료는 IBM SPSS Statistics 23과 OBELAB NIRSIT LITE Analysis Tool 3.6.2를 이용하여 기술통계, 독립표본 t-검정, 회귀분석을 진행하였다. 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 주요 변인들에 성차가 있는지 분석한 결과, 가정 소근육운동 경험은 모든 요인(가정 소근육운동 경험 전체, 부모인식, 가정환경, 운동빈도)에서 여아가 남아보다 유의하게 높았다. 유아의 소근육운동 기술은 손 기민성을 제외한 전체 점수와 두 하위요인(운동 정밀성, 운동 통합)에서 여아가 남아보다 유의하게 우수했으며, 소근육운동 과제 수행 시, 유아의 전전두엽 피질 활성화 정도 역시 여아가 남아보다 유의하게 높았다. 실행기능은 전체 점수와 하위요인인 억제능력의 경우 여아가 남아보다 유의하게 우수했으나, 주의전환능력과 시각/청각 작업기억능력에서는 성차가 없었다.

둘째, 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계를 살펴보기 위해 성별을 통제하고 회귀분석을 실시한 결과, 소근육운동 기술과 하위요인인 손 기민성은 실행기능의 모든 하위요인을 예측하였고, 소근육운동 정밀성은 실행기능의 청각 작업기억능력을 예측하는 것으로 확인되었다.

셋째, 유아가 소근육운동 과제를 수행하는 동안 전전두엽의 활성화 영역과 그 정도를 관찰한 결과, 브로드만 영역 46의 배외측 전전두엽 피질과 브로드만 영역 10의 전방 전전두엽 피질이 활성화되었으며, 소근육운동 5가지 과제에서 공통적으로 실행기능과 밀접한 관련이 있는 배외측 전전두엽 피질이 활성화되었다.

넷째, 가정 소근육운동 경험과 유아의 소근육운동 기술(과제 수행 점수 및 과제 수행 시 전전두엽 피질의 활성화 정도)의 관계를 알아보기 위해 유아의 성별을 통제하고 회귀분석을 실시한 결과, 가정 소근육운동 경험과 하위요인인 가정환경은 소근육운동 기술

전체에 대해, 가정 소근육운동 경험과 가정환경 및 운동빈도는 손기민성에 대해 설명력을 갖는 것으로 나타났다. 한편, 소근육운동에 대한 부모인식과 가정에서의 소근육운동 빈도는 유아가 소근육운동을 할 때 전전두엽 피질의 활성화 정도를 유의하게 설명하였다.

이 연구는 유아의 소근육운동 기술의 하위요인들이 유아의 실행기능 하위요인들에 기여하는 차별성을 검토하고, 소근육운동 기술과 실행기능의 신경학적 연결을 확인함으로써 유아의 소근육운동과 실행기능의 관련성을 밝혔다. 여기에 환경적 요인으로 가정 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 예측하는지 살펴봄으로써 가정 소근육운동 경험과 유아의 소근육운동 기술의 관계를 확인하였다. 본 연구의 결과는 유아기 소근육운동의 중요성을 다시 한번 강조하고, 가정에서의 소근육운동 경험의 양과 질을 높여 유아의 실행기능을 증진시키기 위한 적절한 개입 방안 및 프로그램 개발의 필요성을 제안한다.

주요어 : 유아, 가정 소근육운동 경험, 소근육운동 기술,
전전두엽 활성화, 실행기능
학 번 : 2016-30452

목 차

국문초록

Ⅰ. 문제제기 ····· 1

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행연구 고찰 ····· 8

1. 유아의 소근육운동 기술 ····· 8

1) 유아기 운동발달 및 성차 ····· 8

2) 소근육운동 기술의 개념 및 발달 ····· 10

3) 유아기 소근육운동 기술 발달의 중요성 ····· 10

2. 유아의 소근육운동 기술과 실행기능 ····· 12

1) 유아기 실행기능의 개념 및 중요성 ····· 12

2) 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계 ····· 15

3. 유아의 소근육운동 기술과 가정 소근육운동 경험 18

1) 가정 소근육운동 경험의 개념 및 중요성 ····· 18

2) 가정 소근육운동 경험과 유아의 소근육운동 기술의 관계 ·· 20

Ⅲ. 연구문제 및 용어의 정의 ····· 23

1. 연구문제 ····· 23

2. 용어의 정의 ····· 24

1) 가정 소근육운동 경험 ····· 24

2) 소근육운동 기술 ····· 24

3) 전전두엽 피질의 활성화 ····· 25

4) 실행기능 ····· 25

Ⅳ. 연구방법 및 절차 ····· 26
1. 연구 참여자 ····· 26
2. 연구 도구 ····· 28
1) 가정 소근육운동 경험 ····· 28
2) 소근육운동 기술 ····· 29
3) 실행기능 ····· 34
3. 연구 절차 ····· 38
1) 예비조사 ····· 38
2) 본조사 ····· 39
4. 자료 분석 ····· 40

Ⅴ. 연구결과 및 해석 ····· 41
1. 가정 소근육운동 경험, 유아의 소근육운동 기술, 소근육운동 과제 수행 시 유아의 전전두엽 피질 활성화, 실행기능의 성차 ····· 41
1) 가정 소근육운동 경험의 성차 ····· 41
2) 유아 소근육운동 기술의 성차 ····· 42
3) 소근육운동 과제 수행 시 유아의 전전두엽 피질 활성화의 성차 ····· 42
4) 유아 실행기능의 성차 ····· 43
2. 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계 ····· 45
1) 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 45
2) 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 46
3) 유아의 억제능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 46
4) 유아의 억제능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 47
5) 유아의 주의전환능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력 48

6) 유아의 주의전환능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 49
7) 유아의 시각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 50
8) 유아의 시각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 51
9) 유아의 청각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 51
10) 유아의 청각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 52
3. 소근육운동 기술 과제 수행과 전전두엽 활성화 ····· 54
4. 가정 소근육운동 경험과 유아의 소근육운동 기술의 관계 ····· 58
1) 유아의 소근육운동 기술에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력 ····· 58
2) 유아 소근육운동 기술의 하위요인에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력 ····· 62
3) 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력 ····· 70

Ⅵ. 결론 및 논의 ····· 75
1. 결론 및 논의 ····· 75
2. 의의 및 제언 ····· 81

참고문헌 ····· 84
부록 ····· 115
Abstract ····· 120

표 목 차

[표 Ⅳ-1] 연구 참여자의 사회인구학적 특성 ····· 27
[표 Ⅳ-2] 소근육운동 기술 평가 내용 및 기준 ····· 31
[표 Ⅴ-1] 유아의 성별에 따른 가정 소근육운동 경험의 차이 41
[표 Ⅴ-2] 유아의 성별에 따른 소근육운동 기술의 차이 ··· 42
[표 Ⅴ-3] 유아의 성별에 따른 전전두엽 피질 활성화의 차이 43
[표 Ⅴ-4] 유아의 성별에 따른 실행기능의 차이 ····· 43
[표 Ⅴ-5] 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 45
[표 Ⅴ-6] 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 46
[표 Ⅴ-7] 유아의 억제능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 47
[표 Ⅴ-8] 유아의 억제능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 48
[표 Ⅴ-9] 유아의 주의전환능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 49
[표 Ⅴ-10] 유아의 주의전환능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 50
[표 Ⅴ-11] 유아의 시각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 50
[표 Ⅴ-12] 유아의 시각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력 ····· 51
[표 Ⅴ-13] 유아의 청각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력 ····· 52
[표 Ⅴ-14] 유아의 청각 작업기억능력에 대한 소근육운동

기술 하위요인의 설명력 ····· 53
[표 Ⅴ-15] 소근육운동 기술의 과제별 전전두엽의 활성화 영역 ····· 54
[표 Ⅴ-16] 유아의 소근육운동 기술에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력 ····· 59
[표 Ⅴ-17] 유아의 소근육운동 기술에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력 ····· 60
[표 Ⅴ-18] 유아의 소근육운동 기술에 대한 부모인식의 설명력 ····· 60
[표 Ⅴ-19] 유아의 소근육운동 기술에 대한 가정환경의 설명력 ····· 61
[표 Ⅴ-20] 유아의 소근육운동 기술에 대한 운동빈도의 설명력 ····· 62
[표 Ⅴ-21] 유아의 소근육운동 정밀성에 대한 가정 소근육 운동 경험의 설명력 ····· 63
[표 Ⅴ-22] 유아의 소근육운동 정밀성에 대한 가정 소근육 운동 경험 하위요인의 설명력 ····· 64
[표 Ⅴ-23] 유아의 소근육운동 통합에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력 ····· 64
[표 Ⅴ-24] 유아의 소근육운동 통합에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력 ····· 65
[표 Ⅴ-25] 유아의 손 기민성에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력 ····· 66
[표 Ⅴ-26] 유아의 손 기민성에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력 ····· 67
[표 Ⅴ-27] 유아의 손 기민성에 대한 부모인식의 설명력 67
[표 Ⅴ-28] 유아의 손 기민성에 대한 가정환경의 설명력 68

[표 Ⅴ-29] 유아의 손 기민성에 대한 운동빈도의 설명력 69
[표 Ⅴ-30] 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력 70
[표 Ⅴ-31] 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정 소근육운동 경험 하위 요인의 설명력 ····· 71
[표 Ⅴ-32] 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 부모인식의 설명력 ····· 72
[표 Ⅴ-33] 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정환경의 설명력 ····· 73
[표 Ⅴ-34] 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 운동빈도의 설명력 ····· 74

그 림 목 차

[그림 Ⅳ-1] 아동용 f-NIRS 장치(좌), 측정원리(우) ····· 33
[그림 Ⅳ-2] 카드분류 과제 화면 예시 ····· 36
[그림 Ⅳ-3] 코시기억 과제 화면 예시 ····· 37
[그림 Ⅴ-1] 채널 1(R) 부분의 활성화 ····· 55
[그림 Ⅴ-2] 채널 2(R) 부분의 활성화 ····· 55
[그림 Ⅴ-3] 채널 10(L) 부분의 활성화 ····· 55
[그림 Ⅴ-4] 15개 채널과 브로드만 영역의 분포(OBELAB) 56

Ⅰ. 문제제기

최근 스마트 기기 사용 연령이 낮아지고 스크린 미디어의 노출이 증가한 것은 어린 유아들이 소근육운동 발달의 기회를 놓치는 것과 관련이 있다. 지난 20년 동안 아동의 미디어 사용 시간은 32% 증가했고(Goode et al., 2020), 전 세계적으로 상당한 수의 미취학 아동이 미디어 사용 시간을 준수하지 않으며 생후 1년부터 과도하게 노출되고 있다(Willumsen & Bull, 2020). 미취학 아동의 스크린 미디어 사용의 증가로 유아의 신경생물학적 발달에 대한 우려가 제기되고 있으며, 이는 유아가 어떻게 놀고, 배우고, 관계를 형성하는지에 영향을 미칠 수 있다(Martins et al., 2020; Paulus et al., 2019).

미취학 아동의 스크린 기기 사용과 손 기능에 대하여 조사한 Daud 등(2020)의 연구에서 유아의 스크린 기기 사용률이 2년 동안 8%에서 40%로 급격히 증가했고, 하루 사용 시간은 3배가 증가했다고 보고했다. 연구 결과, 스크린 기기를 전혀 사용하지 않은 유아의 소근육운동 기술이 기기를 자주 사용하는 유아에 비해 유의하게 우수한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 터치스크린의 사용이 두드리기, 누르기, 확대/축소하기와 같이 특정 손가락만을 이용하고 움직임이 제한적이기 때문에 손 기술이 저하된 것이라 할 수 있다. 그 밖에 디지털 기기를 사용하면서 손의 사용이 줄어 소근육운동 기술의 성장 속도가 느려졌다는 부정적인 결과를 보고한 연구들이 있다(Cadoret et al., 2016; Gaul & Issartels, 2016: Lin et al., 2017; Martzog & Suggate, 2022; Webster et al., 2019).

우리 손은 신체 부위 중에서 뇌에 가장 많은 정보를 전달하고, 손끝까지 퍼진 신경을 통해 뇌와 신호를 주고받으며 뇌의 명령을 수행한다. 캐나다의 신경외과 의사 와일더 펜필드는 뇌에 전기 자극을 주었을 때 나타나는 몸의 반응을 토대로 뇌에서 차지하는 신체 부위를 알아냈다. 피질 호문쿨루스에 따르면, 우리 몸에서 손의 면적은 작지만 감각 운동 피질에서 손의 영역은 거의 1/3을 차지한다(Penfield & Boldrey, 1937).

그만큼 손 사용은 뇌 발달과 밀접한 관련이 있다. 보통 유아들의 손 사용은 3-7세 사이에 빠르게 증가하고 그 이후부터는 점점 느리게 증가한다(James & Engelhardt, 2012). 따라서 유아기 두뇌 발달을 위한 소근육의 사용은 중요하다.

유아기는 신체적, 사회적, 인지적 발달에 영향을 미치는 기본적인 운동기술을 확립하는 중요한 시기이다(Krog, 2015). 운동기술은 영아기부터 유아기까지 빠르게 발달한다(Cortes et al., 2022; Goodway et al., 2019). 신체적 성장과 기초적인 운동기술을 지니게 된 유아들은 운동발달이 진행되면서 소근육의 정교하고 세밀한 동작이 가능해지고 통제도 빠르게 발달하면서 손으로 사물을 조작하는 능력이 향상된다. 그러나 이 시기 유아들마다 발달의 차이가 크며, 특히 성별에서 눈에 띄는 차이를 보인다. Morley 등(2015)의 연구에서 4-7세 유아 369명을 대상으로 소근육운동 정밀성, 소근육운동 통합, 손 기민성, 양측 협응력, 균형, 속도 및 민첩성, 상지 협응력 및 근력을 평가했다. 그 결과, 소근육운동 능력에서 여아가 남아를 능가했고, 남아는 대근육운동 능력에서 여아보다 우수한 것으로 나타났다. 또 다른 연구(Navarro-Patón et al., 2021)에서 232명의 미취학 아동을 대상으로 손 기민성, 조준 및 잡기, 균형 세 가지 운동기능을 평가했다. 연구 결과, 여아가 남아보다 전반적으로 점수가 높았고, 손 기민성과 균형에서 유의하게 우수한 것으로 나타났다. 즉, 유아기 운동능력은 성별 간 분명한 차이가 있으며, 특히 소근육운동 기술은 여아가 남아보다 발달이 빠른 것을 알 수 있다.

이러한 성별의 차이를 줄이고 소근육운동 기술을 향상시키기 위해서 가정에서는 유아들이 식사 시간에 젓가락을 사용하여 음식을 집거나, 옷을 입을 때 스스로 단추나 지퍼를 잠그고, 주변의 도움 없이 신발 끈을 묶을 수 있는 일상생활에서 필요한 기본 작업부터 가위로 종이를 오리고, 연필이나 볼펜 등의 필기도구로 글씨를 쓰는 등의 학습을 위한 준비 과정을 배울 수 있도록 다양한 소근육운동 경험을 제공할 필요가 있다. Valadi와 Gabbard(2020)의 연구에서 가정에서의 운동 지원성(affordance)이 유아의 전반적인 발달에 긍정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 유아의

운동능력에 중요하고 효과적인 요소임을 증명하였다. 구체적으로, 집 내부 공간의 차원은 대근육운동 발달의 가장 중요한 예측 변수인 반면, 소근육운동 장난감의 가용성은 소근육운동 기술 행동의 중요한 예측 인자였다. 이처럼 가정은 유아의 초기 운동발달에 중요한 역할을 하고, 운동기술은 유아 발달의 기초가 되므로, 부모는 자녀가 소근육운동 기술을 향상시킬 수 있도록 가능한 자주 다양한 소근육운동을 접할 수 있는 가정환경을 조성하여 적절한 학습 기회를 제공하는 것이 필요하다.

유아기는 인지발달의 황금기로, 인지 향상 전략에 관한 연구들이 많이 진행되어 왔다(Shi & Feng, 2022). 점점 더 많은 연구 결과가 인지가 감각운동 경험에 기초하고 있음을 시사한다. 유아의 운동발달과 인지발달 간 관련이 있다는 내용의 가설은 새로운 것이 아니다. 오래전 Piaget (1953)는 유아의 활동과 감각운동 경험이 인지능력의 출현에 중요하고, 유아의 운동기술은 주변 환경을 적극적으로 탐색하고 이해할 수 있는 가능성을 증가시켜 점점 더 차별화된 인지능력을 이끈다고 하였다. 그 이후, Bushnell과 Boudreau(1993)는 움직임을 통해 유아가 세상과 상호작용할 수 있고, 이러한 상호작용이 고급인지로 이어지기 때문에 인지발달의 틀로서 조기 운동발달의 중요성을 제안한 바 있으며, 그동안 많은 연구들이 이를 증명해왔다(Davis et al., 2011; Martzog et al., 2019; McClelland & Cameron, 2019; Roebers et al., 2014; van der Fels et al., 2015; Woll & Everke, 2007). 구체적으로, 3-5개월의 대근육운동 기술은 8세의 주의력(Friedman et al., 2005) 및 15세의 학업 성취도(Bornstein et al., 2013)를 예측하였고, 2-4세의 소근육운동 기술은 5-11세의 읽기와 수학에서 학교 준비 및 학업 성취도를 예측하였다(Cameron et al., 2012; Cortes et al., 2022; Dinehart & Manfra, 2013; Grissmer et al., 2010; Pagani & Messier, 2012; Son & Meisels, 2006). 즉, 취학 전 유아기 운동발달 중 소근육운동 기술의 발달은 후기 아동기의 학습 과제에 대한 참여를 촉진하고, 학습능력을 높일 수 있다(Marr et al., 2003).

취학 전 유아기가 민감기인 실행기능은 자신의 생각, 행동 및 감정을 목표 지향적으로 조절하는 것을 의미하고, 취학 전 유아기 실행기능의

발달은 사회-정서적 및 인지적 영역에서 모두 중요하다(Moriguchi et al., 2016). 점점 더 많은 연구에서 실행기능을 정서적 실행기능과 인지적 실행기능으로 구분하여 신경생리학적 측면을 근거로 삼고 있다(최은아, 송하나, 2013; Moriguchi, 2022). 정서적 실행기능은 목표를 달성하기 위하여 자신의 감정을 조절해야 하는 상황에 발휘되며, 만족 지연 및 정서적 의사결정과 같은 사회-정서적 반응을 조절하는 것과 관련 있다. 따라서 자신의 욕구를 잘 억제하고 조절하는 아동일수록 학교생활에서 규칙을 준수하고 안정적으로 적응할 수 있다(Kim et al., 2013).

한편, 인지적 실행기능으로 대표되는 억제제어, 주의전환, 작업기억은 학업능력 향상에 중요한 역할을 하는 기본 능력으로 간주되며(McClelland & Cameron, 2019), 학령기의 학습 결과에 일관되게 기여한다(Cameron et al., 2012; McClelland et al., 2007; Nguyen & Duncan, 2023). 실행기능과 학업능력 간의 관계를 보여준 선행연구들에 따르면, 과제에 주의를 기울이고 지시 사항을 기억하며 충동을 조절할 수 있는 아동은 학교에서 학업 성적이 우수하였다(McClelland et al., 2007; Morrison et al., 2010). 이러한 인지적 실행기능은 목표 지향적인 문제해결, 변화하는 상황에 대한 유연한 적응, 의도적인 자기 조절 학습을 허용함으로써 학습 및 학교 성과를 지원하는 것으로 보인다(Marcovitch et al., 2008; Zelazo et al., 2016). 이에 따라 본 연구에서는 인지적 실행기능에 초점을 맞추고 실행기능이 학령기 학습능력에 유의한 영향을 미침을 다수의 선행연구들을 통해 확인함으로써, 취학 전 유아기 실행기능의 향상을 위한 방안으로 소근육운동 기술의 설명력을 확인하고자 한다.

유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술의 영향을 조사한 연구들을 구체적으로 살펴보면, Schmitt 등(2018)의 연구에서 미취학 아동 59명을 대상으로 반구조화된 블록 놀이에 참여하는 것이 수학능력 및 실행기능의 발달을 촉진하는 것으로 나타났다. 블록 놀이를 하는 동안 유아는 블록에 주의를 집중하고, 다양한 계획을 세우며 블록을 조작하고, 구조의 새로운 부분으로 주의를 전환하며, 구조를 포기하거나 무너뜨리려는 충동을 억제하였다. 한편, 미취학 아동 156명을 대상으로 대근육 및 소근육

운동 기능과 실행기능 간의 관계를 조사한 Oberer 등(2017)의 연구에서는 대근육 및 소근육운동 기능 모두 실행기능과 유의미한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이러한 소근육운동과 실행기능 간의 관계를 신경생물학적 관점에서 보면 전전두엽 피질과 일차운동피질을 모두 포함하는 실행 통제 네트워크로서 역동적으로 상호작용하는 대규모 네트워크임을 알 수 있다(Bressler & Menon, 2010; Menon & Uddin, 2010).

전전두엽 피질은 다양한 인지기능에서 필수적인 역할을 하며, 유아기를 거쳐 아동기, 청소년기 동안 시냅스 및 신경 밀도의 감소, 수상돌기의 성장 및 백질 부피의 증가와 함께 성숙해진다. 이러한 신경해부학적 변화로 복잡한 인지 처리에 적합한 신경망이 구성된다(Schenker et al., 2005). 전전두엽 피질 회로의 조직은 인간 특유의 집행 및 사회-정서적 기능의 발생에 결정적일 수 있으며, 이는 실행기능에서 가장 중요한 역할을 하고 여기에는 여러 감각 입력의 구성, 주의력 유지, 계획, 추론, 언어이해, 작업기억 및 목표 지향적 행동의 조정이 포함된다(Davidson et al., 2006; Jurado & Rosselli, 2007). 실행기능의 장기적인 발달은 신경생리학적 변화, 특히 전전두엽 피질의 시냅스 생성 및 수초화와 일치할 가능성이 높다(Starcevic & Filipovic, 2018).

소근육운동 기술은 소뇌-피질 네트워크를 기반으로 인지기능의 향상에 기여할 수 있다(Martzog et al., 2019; van der Fels et al., 2015). van der Fels 등(2015)의 연구에서 운동기술과 인지기능 사이의 관계는 복잡하고 조정된 움직임에 관여하는 소뇌와 고차원 인지능력에 관여하는 전두엽 피질의 공동 활성화에 의해 매개된다고 밝혔다. 이와 관련한 또 다른 신경과학적 증거로 운동기술과 인지기능이 모두 전운동피질, 두정피질 및 소뇌에서 공통적인 신경 기질을 공유한다고 보고했고(Cona & Scarpazza, 2019; Cortes et al., 2022; Eslinger et al., 2009; Guell et al., 2018), 기저핵 및 시상 사이의 신경망인 배외측 전전두엽 피질 회로가 인지 및 행동 조절의 기본이 되는 주요 회로임을 밝혔다(Stewart, 2006; Ware et al., 2016).

이러한 운동기술과 인지기능 간의 신경학적 연결이 최근 신경과학 연

구의 발달로 직접 관찰 가능해졌다. 가령 연구결과로 나타난 다양한 특성이나 현상에 대해 왜 그러한 결과가 나타났는지 그 원인을 선행연구들의 결과만으로 충분히 설명하기 어려울 때가 있다. 이러한 제한점을 보완하기 위하여 인지 활동이 두뇌의 어느 부분에서 어떤 과정과 작용에 의해 일어나는지 구체적으로 연구하는 것이 신경학적 측정 방법이다(박상희 등, 2019). 현대의 신경과학 연구가 발달할 수 있었던 것은 뇌 영상 기술이 지속적이고 혁신적인 발전을 거듭했기 때문이다. 그 결과, 이전에는 밝히지 못했던 인지과정에서 나타나는 현상들을 관찰하고 측정할 수 있게 되었다(박상희 등, 2019; Hughes, 2008). 그동안 신경 메커니즘을 측정하기 위한 영상장치들 중 가장 보편적으로 사용된 f-MRI의 경우, 높은 공간 해상도와 비침습적인 신경 영상 촬영이 가능하나, 장비를 사용하기 위한 복잡한 절차와 많은 비용 등으로 최근에는 f-NIRS가 f-MRI의 대안으로 활용되고 있다(Shuvra et al., 2018).

신경학적 측정 방법으로 소근육운동 기술과 실행기능 간 높은 관련성을 보여준 연구들이 있다(Acuña et al., 2022; Moriguchi et al., 2016; Park & Schott, 2022; Xu et al., 2020). 소근육운동 기술의 발달과 관련한 신경망이 실행기능과 관련한 신경망과 일치한다는 가설을 기반으로(Floyer-Lea & Matthews, 2004), 기능적 근적외선 분광법을 사용하여 실행기능의 발달과 외측 전전두엽 피질의 관계를 조사한 Moriguchi 등(2016)의 연구에 따르면, 유아의 외측 전전두엽의 활성화 정도가 실행기능(억제, 주의전환, 작업기억)의 발달과 상관이 있었다. 또 다른 연구(Watson et al., 2014)는 소근육운동 활동이 소뇌 활동과 관련한 신경 경로를 연결함으로써 대뇌피질-소뇌 경로가 강화되었고, 대뇌피질-소뇌 경로의 활성화가 실행기능과 관련 있는 배외측 전전두엽 피질의 신경 구조에 영향을 미칠 수 있음을 밝혔다.

종합하면, 최근 뇌발달과 밀접한 관련이 있는 유아들의 손 사용 감소와 그로인한 손 기능 저하로 여러 가지 문제가 우려되는 상황 속에서 이 시기 가장 변화가 많은 실행기능은 어떠한지, 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계를 확인하고자 한다. 이를 위하여 소근육운동 기술

이 실행기능을 예측하는지 검토하고, 유아가 소근육운동 과제를 수행하는 동안 활성화되는 전전두엽의 영역과 정도를 관찰함으로써 소근육운동 기술과 실행기능의 신경학적 연결을 확인한다. 여기에 환경적 요인으로 가정 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 예측하는지 살펴봄으로써 가정 소근육운동 경험과 유아의 소근육운동 기술의 관계를 파악하려 한다. 이로써 궁극적으로, 유아의 소근육운동 기술의 하위요인들이 어떻게 유아의 실행기능의 세부 능력들에 기여하는지 확인하고, 유아의 미세한 움직임 하나에도 관심을 가져야 함을 강조한다. 즉, 연구 결과가 학령기 전 유아들에게 실행기능의 중요성과 함께 소근육운동을 통한 중재 및 개별화된 지도 방안을 제공할 수 있기를 기대한다.

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행연구 고찰

이 장에서는 유아의 소근육운동 기술을 중심으로 유아의 실행기능과 가정 소근육운동 경험에 관한 이론적 배경 및 선행연구를 고찰한다. 먼저, 유아기 운동발달 및 성차를 확인하고 소근육운동 기술의 개념 및 발달과정과 유아기 소근육운동 기술 발달의 중요성을 살펴본다. 다음으로, 실행기능의 개념 및 중요성을 검토하고 유아의 소근육운동 기술과의 관련성을 살펴본다. 마지막으로, 가정 소근육운동 경험의 개념 및 중요성을 확인하고 유아의 소근육운동 기술과의 관련성을 서술한다. 이를 바탕으로 선행연구의 한계를 고찰하고, 이 연구의 구체적인 연구문제를 도출한다.

1. 유아의 소근육운동 기술

1) 유아기 운동발달 및 성차

유아기는 기본 운동기술 발달에 중요한 시기이며, 기본 운동기술은 이후 더 정교하고 전문화된 기술을 습득하기 위한 기초 역할을 한다(Logan et al., 2018). 취학 전 유아기는 신체를 효율적으로 움직이는 데 필요한 운동기술의 발달이 이루어지는 시기로, 기본적이고 단순한 안정성 움직임을 시작으로 단계적으로 다양하고 복잡한 조작적 움직임 형태를 형성하게 된다(Wang et al., 2020). 이 시기 운동기술은 건강상태(Lubans et al., 2010), 신체 활동 유형(Laukkanen et al., 2014), 인지발달(Pienaar et al., 2014)과 밀접한 관련이 있는 것으로 간주된다. 특히 유아의 운동기술은 인지발달을 촉진하는 지각 행동 주기를 통해 신체적, 사회적 환경을 적극적으로 탐색할 수 있는 새로운 기회를 제공한다(Von Hofsten, 2007). Gibson(1988)은 운동기술의 발달이 사물, 사람 및 사건에 대한 유아의 학습을 유발한다고 주장하였다. 게다가, 그들은 새로운

운동기술이 새로운 행동 기회를 제공할 뿐만 아니라 새로운 해결책을 요구하기 때문에 운동발달이 행동 유연성의 개선을 촉진한다고 제안하였다. 운동발달은 학습과 수행을 위한 새로운 기회를 생성하여 광범위한 영역에서 일련의 발달을 일으킬 수 있다(Adolph & Robinson, 2015).

유아기 운동발달 과정을 살펴보면, 운동 유형 및 기술에 따라 남아와 여아의 차이가 나타난다. 운동기술의 성차에 관한 연구에 따르면, 기본 운동기술 숙련도는 3-6세 연령에 따라 다를 수 있으며(Kokstejn et al., 2017), 5-6세의 남아는 조준 및 잡기와 같은 조작 기술을 잘 수행하는 반면, 여아는 소근육운동 및 균형 기술을 잘 수행하는 것으로 나타났다(Kokstejn et al., 2017; Venetsanou & Kambas, 2016). 실제로 운동기술의 성별 차이는 생물학적 발달(Haywood & Getchell, 2014), 성숙(Gabbard, 2018), 또는 뇌 구조의 차등 발달이 영향을 줄 수 있다(Piek et al., 2012). 그 밖에 최근에는 일상생활에서의 경험과 연습을 고려하여 참여하는 신체활동 유형과 운동기술 발달의 연관성에 성별의 차이가 나타나는지 조사한 연구가 있었다(Matarma et al., 2020). 이 연구에서 712명 유아들의 성별에 따른 운동기술을 비교하고, 참여하는 신체활동의 유형과 시간의 양이 운동기술과 관련이 있는지 조사하였다. BOT-2 (Bruininks -Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition) 축약판을 사용하여 운동기술을 측정하였고, 부모 설문지를 사용하여 행동 및 가족 관련 변수를 측정하였다. 14개 테스트 중 8개에서 통계적으로 유의미한 성별 차이가 나타났는데, 여아가 대부분의 운동기술 과제에서 남아를 능가하였다. 또한 하루 60분 이상 그림을 그리거나 수공예를 하는 것은 소근육운동 조절과 긍정적인 연관성이 있었으며, 하루 60분 이상 야외 신체활동을 하는 것은 근력 및 민첩성과 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 남아와 여아의 운동기술의 차이가 유아들이 참여하는 활동의 유형 및 시간과 관련이 있음을 보여준다.

2) 소근육운동 기술의 개념 및 발달

소근육운동 기술이란 블록으로 탑 쌓기, 연필과 펜 등을 사용하여 글쓰기, 단추 잠그고 풀기, 가위 사용하기 등 물건을 다루거나 도구를 조작할 때 손과 손가락의 미세한 근육을 제어 및 조정하고 시각과의 협응을 통해 섬세하고 정확한 동작을 수행하는 능력을 일컫는다. 대표적인 소근육운동 기술로는 미세 수동 제어(Fine Manual Control)의 표적화된 움직임을 정교하게 조정하는 소근육운동 정밀성(Fine Motor Precision)과 시각적인 정보를 해석하고 손으로 구현하는 소근육운동 통합(Fine Motor Integration), 수동 협응(Manual Coordination)의 작은 물체를 빠르고 능숙하게 조작하는 손 기민성(Manual Dexterity)이 있다(Cameron et al., 2015; Khng & Ng, 2021; Luo et al., 2007).

소근육운동 기술은 영아기부터 초기 아동기까지 발달한다(Kim et al., 2018). 유아의 소근육운동 기술이 발달함에 따라 손의 작은 근육에 힘과 조정력이 생겨 점점 더 복잡한 동작을 수행할 수 있다(Skelton & Leclair, 2019). 이러한 소근육운동은 비교적 일관되고 예측 가능한 형태로 발달하며, 운동 행동은 감각 시스템의 피드백을 통해 적응되고 개선된다(Henderson & Pehodki, 2006). 감각 시스템 중 시각 시스템의 피드백은 소근육운동 기술에 매우 중요하므로 시각 운동기술로 간주된다. 시각 운동기술은 동작들의 많은 부분을 시각에 의존한다(Röshland, 2006). 소근육운동 기술과 마찬가지로 시각 운동기술도 유아기에 발달하기 시작하고, 소근육운동 기술이 시각 시스템과 자주 함께 사용되므로 소근육운동 기술과 시각 운동기술은 종종 동일하게 여겨진다(Skelton & Leclair, 2019).

3) 유아기 소근육운동 기술 발달의 중요성

유아기 소근육운동 기술의 발달은 두 가지 이유로 중요하다. 첫 번째, 유아가 정상적으로 발달하고 있는지에 대한 평가 기준이 된다. 전형적인 발달을 보이는 유아는 특정 연령에서 특정 운동 능력을 보인다. 그러나

종종 소근육운동 발달에 문제를 보이는 경우가 있는데, 이 때 '자라면서 나아지겠지' 라는 잘못된 생각으로 인해 아동의 잘못된 조정, 서투름 및 손 기민성 문제가 발견되지 않을 수 있다(Hamilton, 2002). 운동 조정 장애가 있는 아동은 종종 일상적인 자기 관리, 의사소통, 학교 관련 활동을 완료하는 데 어려움을 겪는다(Marvel & Desmond, 2010; Wang et al., 2009). 이때, 아동이 발달 지연이 의심되거나 특정 진단을 받은 경우 아동의 강점과 약점의 기준선을 설정하기 위해 다른 능력과 함께 운동능력을 평가하는 경우가 많다(Brown, 2019).

두 번째, 유아기 소근육운동 능력의 발달은 운동 및 인지발달뿐만 아니라 이후 학교에서의 수행 능력에도 매우 중요하다(Accardo et al., 2013, Feder & Majnemer, 2007, Rueckriegel et al., 2008). 소근육운동 기술이 학업성취도의 중요한 예측 변수가 됨을 보여주는 여러 연구들이 있다(Grissmer et al., 2010; Luo et al., 2007; Sortor & Kilp, 2003). 이 중 Sortor와 Kilp(2003)의 연구에서 시각적 운동기술이 문자와 숫자의 정확한 인식 및 구별, 시각적 형태의 완벽한 재현 능력을 향상시켜 학업성취에 영향을 미친다는 결과가 밝혀졌다. 구체적으로, 소근육운동 기술 중 소근육운동 통합(디자인 보고 따라 그리기)은 초기 주의력과 함께 수학과 읽기의 강력한 예측 변수이며, 유아기에 디자인 따라 그리기를 잘 하던 아동이 초등학교 3학년 읽기, 쓰기, 수학 평가에서 더 높은 점수를 받았다는 연구결과가 있다(Cameron et al., 2012; Grissmer et al., 2010). 그 밖의 다른 연구들에서도 소근육운동 기술이 읽기, 쓰기 및 수학과 관련이 있음을 보고하였다(Carlso et al., 2013; McClelland & Cameron, 2019). 즉, 취학 전 유아기에 정상적인 소근육운동 발달은 중요하므로, 소근육운동 기술 향상을 예측할 수 있는 요인들을 살펴보고, 변수들 간의 관계를 파악할 필요가 있다.

2. 유아의 소근육운동 기술과 실행기능

1) 유아기 실행기능의 개념 및 중요성

① 실행기능의 개념 및 발달 과정

실행기능은 원하는 목표를 달성하기 위하여 전략적으로 계획을 세우고, 자신의 사고와 행동을 의식적으로 통제 및 조절하는 상위인지능력이다(Garon et al., 2008). 실행기능은 고차원적인 인지기술들로 이루어져 있으며, 이를 설명하는 구성요인으로 억제, 주의전환, 작업기억이 있다(Anderson & Reidy, 2012). 억제는 더 적절한 반응과 행동을 위해 불필요한 자극을 고의적으로 통제하는 능력을 말한다(Diamond, 2013). 이 연구에서는 인지억제와 행동억제로 나누어 살펴보았는데, 둘 다 인지 제어 시스템의 일부이다. 인지억제는 부적절하거나 관련 없는 자극을 무시하고 선택적으로 주의를 기울이는 능력을 말하며, 행동억제는 바람직한 행동과 그렇지 않은 행동을 판단하고 충동적인 움직임을 억제하는 능력을 말한다(Migliaccio et al., 2020). 주의전환은 상황에 맞게 주의와 행동을 유연하게 바꾸고, 주어진 자극에 대해 여러 방식으로 생각하고 동시에 처리할 수 있는 능력을 말한다(박하연, 2016; Anderson, 2002; Baggetta & Alexander, 2016). 작업기억은 매 순간 다양한 정보가 빠르게 입력되고 제거되면서 필요한 정보를 일시적으로 저장하는 인지 처리 시스템을 말한다(박윤현, 2021; Baddeley & Hitch, 1974). 작업기억 내에서 어떠한 감각 양식으로 정보를 효과적으로 처리하느냐에 따라 시각 작업기억과 청각 작업기억으로 나눌 수 있다. 이 연구에서 시각 작업기억은 시각자료의 정보들을 빠르게 인지하고 통합하여 이해함으로써 정보를 일시적으로 유지하고 조작하는 능력이고, 청각 작업기억은 청각적 신호, 즉 언어적 자극을 민감하게 인식하고 해석하여 정보를 일시적으로 유지하고 조작하는 능력을 말한다(박윤현 등, 2021).

실행기능의 발달 시기는 7-12개월 사이에 시작하여, 취학 전 2-6세에 빠르게 발달하며, 초기 성인기인 20세까지 이루어진다(Zelazo & Carlson,

2020; Zelazo et al., 2021). 실행기능의 발달 과정은 신체 움직임에서 시작하여 단순한 인지 기능으로, 그 다음에는 복잡한 인지 기능으로 이어지는 다단계 과정을 거친다(Wu et al., 2017). 즉, 실행기능은 유아기에 나타나 일반적으로 아동기와 청소년기, 그리고 초기 성인기를 거치며 더욱 효과적이고 효율적으로 발달한다(Zelazo & Carlson, 2020). 유아기 실행기능의 발달을 생물학적 관점에서 살펴보면, 실행기능은 뇌 영역 중 하나인 전전두엽 피질과 강하게 연관되어 있다(Benes, 2001; Gogtay et al., 2004). 전전두엽 피질은 인간의 뇌에서 가장 잘 발달된 신피질 영역이며, 전운동피질, 기저핵, 소뇌, 시상 및 해마와 같은 다양한 영역으로부터 상호 투영을 받음으로써 운동 개념, 예측, 주의, 의사 결정 및 기억과 같은 다양한 기능을 담당한다(Fuster, 2001; Sugihara et al., 2021). 취학 전 유아기에 전전두엽 피질 내 구조적 변화가 나타나는데, 전전두엽 피질의 회백질이 거꾸로 U자 모양의 형태로 변화하고, 전전두엽 영역의 부피가 증가한다(Tanaka et al., 2012). 이런 신경생물학적 변화가 실행기능의 발달에 영향을 미칠 수 있다.

유아기 전전두엽의 활성화와 실행기능 간의 관련성에 대한 선행연구들을 살펴보면, 성인을 대상으로 실행기능의 억제, 주의전환, 작업기억과 관련하여 활성화되는 전전두엽의 영역을 기능적 자기 공명 영상(fMRI)을 통해 관찰한 Lemire-Rodger 등(2019)의 연구에서 억제능력은 전전두엽의 우측 및 상부 내측 전전두엽피질의 활동과 관련이 있었고, 주의전환능력은 내측 전전두엽피질의 활동과 관련이 있었으며, 작업기억능력은 배측 전전두엽피질의 활동과 관련이 있음을 보여주었다. 성인을 대상으로 한 연구와 마찬가지로 유아들 역시 전전두엽 피질의 배측 영역이 시공간 작업기억에 중요한 역할을 한다는 것이 확인되었다(Casey et al., 2005). 또 다른 Tsujimoto 등(2004)의 연구에서도 어린 아동의 작업기억의 신경 기반이 Brodmann 영역 9/46에 해당하는 측면 전전두 영역임을 보고했으며, Moriguchi와 Hiraki(2013)의 연구에서 역시 아동과 성인 참가자 모두 인지전환, 억제제어 및 작업기억 과제를 수행할 때 외측 전전두엽에서 상당한 활성화가 나타났다. 그 밖에 최근 두피 표면에 전극을

통해 약한 직류 자극을 주는, 경두개 직류 자극(Transcranial Direct Current Stimulation; tDCS) 방법으로 전전두엽 피질을 활성화시키고, 활성 자극이 인지기능을 향상시키는지 조사한 연구들에서 반복적인 경두개 직류 자극으로 배외측 전전두엽 피질을 활성화 시켜 실행기능에 상당한 개선을 보여준 결과들이 있다(Au et al., 2021; Molavi et al., 2020; Zhang et al., 2022). 즉, 실행기능과 관련 있는 전전두엽 특정 영역의 활성화는 유아의 실행기능 작업을 성공적으로 수행하는 데 중요한 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

② 유아기 실행기능 발달의 중요성

최근 많은 연구들에서 유아기의 실행기능에 관심을 갖는 이유는 이 시기에 발달하는 실행기능이 사회적 기술(Caporaso et al., 2019; Devine et al., 2019; Rinsky & Hinshaw, 2011), 학습 준비도(Ribner, 2020) 및 학업 수행(Blair & Razza, 2007; Schmitt et al., 2017)과 깊은 관련이 있고, 이후 성인기의 소득(Deer et al., 2020) 및 사회경제적 지위(Moffitt et al., 2011)를 포함한 중요한 장기적인 결과를 예측하기 때문이다(Ribner et al., 2022). 이처럼 취학 전 유아기는 실행기능 발달에 중요한 시기이고(Anderson, 2002; Best & Miller, 2010; Escolano-Pérez et al., 2022), 이 시기는 발달이 급속도로 진행되기 때문에 실행기능의 변화, 이 기간 동안 실행기능의 조기 발달에 기여하는 요인을 이해하는 것이 중요하다(Chou et al., 2023).

한편, 일부 유아들은 실행기능 기술과 관련하여 문제나 지연을 경험한다. 실행기능 문제는 행동문제와 관련이 있으며, 이는 곧 읽기 문제, 감정 조절, 충동 조절 문제의 어려움으로 나타난다(Booth et al., 2010). 실행기능에 문제가 있는 아동은 종종 미래를 위한 계획을 세우는 데 매우 어려움을 겪는다(Diamond, 2013). 실행기능 기술로 어려움을 겪는 아동은 학교수업, 특히 수학 과목에서 어려움을 겪을 위험이 크다. 그러나 실행기능은 환경적 요인에 의해 크게 촉진되거나 방해될 수 있다. 이는 다행스럽게도 실행기능이 매우 유연하고 개선될 수 있음을 의미한다. 유

아기 실행기능의 발달은 부모와 교사에 의해 촉진될 수 있으며, 이에 따라 부모와 교사는 아이들이 실행기능을 연습하고 반영할 수 있도록 개개인에게 적합한 교육을 제공해야 한다. 유아기의 실행기능 강화는 모든 어린이가 학교에 진학 후 성공적으로 적응할 수 있는 잠재력을 갖도록 보장할 수 있다(Zelazo & Carlson, 2020).

2) 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계

① 유아의 소근육운동 기술과 전전두엽 피질의 활성화

전전두엽 피질은 예측, 판단, 계획, 의사결정과 같은 상위 인지기능에 기여하기 때문에 실행기능에서 필수적인 역할을 하는 것으로 알려져 있으며, 다른 피질 및 피질 하부 영역에 위치한 다중 신경 시스템을 제어하고 감독하는 중요한 뇌 구조로 간주된다(Funahashi & Andreau, 2013). 실행기능의 과제 수행 능력은 전전두엽의 활성화 정도가 증가함에 따라 향상되며, 이러한 발견은 전전두엽 피질의 성숙과 관련이 있다(Smith et al., 2017). 한편, 전전두엽 피질은 운동기능에도 기여한다(Lee et al., 2013; Liang et al., 2016). 감각운동 피질(Sensory Motor Cortex, SMC), 전운동피질(Premotor Cortex, PMC) 및 배외측 전전두엽 피질(Dorsolateral Prefrontal Cortex, DLPFC)은 움직임 제어를 위한 피질 감각운동 네트워크의 핵심 영역이다(Witt et al., 2008). Anwar 등(2016)의 연구에서 성인 여성을 대상으로 손가락 움직임 작업 동안 피질-피질 네트워크(SMC, PMC 및 DLPFC)의 효과적인 연결성을 3가지 신경 영상 방식(fNIRS, fMRI, EEG)을 통해 확인한 결과, 손가락 움직임 작업은 반대쪽 SMC, PMC 및 DLPFC의 활동 증가와 관련이 있었으며, 복잡한 손가락 움직임 작업은 피질-피질 네트워크의 양방향 정보 흐름 패턴을 보였다. 특히 감각운동 피질과 배외측 전전두엽 피질 사이의 강한 연결성이 확인되었다. 이러한 결과는 손가락을 움직이는 소근육운동에 감각운동 피질 및 실행기능과 밀접한 관련이 있는 배외측 전전두엽 피질이 관여함을 보여준다. 따라서 이 연구에서는 유아들의 경우 소근육 사용 시

활성화되는 전전두엽 피질의 영역과 정도가 어떠한지 살펴보고자 한다.

② 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관련성

체화된 인지(embodied cognition) 이론은 학습과 인지발달에 있어 신체의 움직임과 운동 행동에 주목하여, 인간의 인지가 뇌 내부 과정에 국한되지 않고, 신체와 신체의 움직임을 통해 외부와 서로 긴밀하게 연결되어 있다고 보았다(Mangen & Balsvik, 2016). 여기서 인지가 체화된다는 것은 신체와 세상과의 상호작용으로 인지가 일어나는 것을 의미하며, 인지의 형성과 인지능력 이해에 있어 신체가 하는 능동적이고 중요한 역할을 강조한다. Piaget, Kant, Heidegger, Montessori, Steiner와 같은 심리학자, 철학자 및 교육 개혁가들은 사고의 발달에서 감각운동 행동이 중요한 역할을 한다고 주장하였다(Suggate & Stoeger, 2017). Piaget (1953)의 인지발달 이론에 따르면, 운동기술은 유아의 능동적인 환경 탐색에 기여하고 유아는 직접 만지거나 조작해보는 등 감각운동 경험을 통해 추상적 개념을 이해하고 세상에 대한 지식을 구성한다고 하였다. 인지가 신체를 통한 감각운동 경험에 기반을 두고 있다는 체화된 인지 이론은 배움에 있어서 다양한 감각적 체험과 직접적 경험의 중요성을 강조한다.

유아기 손을 사용하는 소근육 활동이 인지기능과 관련이 있음을 보고한 연구들이 있다(Morra & Panesi, 2017; Riggs et al., 2013; Simpson et al., 2019; Suggate et al., 2017). 그 중 Simpson 등(2019)의 연구에서 3-4세 유아 100명을 대상으로 드로잉 기술이 반응 억제의 발달과 연결되어 있는지 조사하였고, 반응 억제와 소근육운동 조절 사이 연관성을 확인하였다. 이 시기 유아들은 손으로 다양한 것을 탐색하고 그 과정에서 많은 것을 배우고 소통한다. 신경생리학적 관점에서 보았을 때, 유아기 동안 손가락을 이용하여 미세한 조절능력을 키우는 소근육 활동을 많이 할수록 말초신경의 자극이 혈액순환을 돕고 뇌 감각신경을 각성시켜 인지기능 향상에 도움을 줄 수 있다(곽호경 등, 2022). 이러한 연구 결과와 함께 일부 연구들에서는 소근육운동을 통한 체화된 인지가 이후 학습

에도 긍정적인 영향을 미친다고 밝혔다(Claudia & Katja, 2014; Michel et al., 2020). 이처럼 인지발달을 위한 신체의 중요한 역할과 소근육운동 기술에 대한 학문적, 과학적 관심의 증가는 곧 체화된 인지의 학제 간 패러다임에서 가장 명확하게 표현되고 체계적으로 구현될 것이다(Mangen & Balsvik, 2016).

유아의 소근육운동 기술이 생각, 행동 및 감정에 대한 의식적이고 하향식 주의력 제어를 지원하는 일련의 신경인지 기술(Carlson et al., 2013; Zelazo et al., 2016)인 실행기능(억제, 주의전환, 작업기억)에 영향을 미친다는 연구들이 있다. 이 연구들 중 소근육운동 기술과 억제능력 간의 관계를 조사한 Hudson 등(2021)의 연구는 인지적으로 도전적인 운동능력 활동에 참여하는 것이 실행기능, 초기 산술능력과 인과 관계가 있는지 조사하였다. 취학 전 아동 53명이 8주 동안 16번의 운동능력 프로그램에 참여했으며, 모든 결과에 상당한 효과가 있었다. 참여 조건의 아동이 통제 조건의 또래에 비해 운동능력, 실행기능 및 초기 산술 능력에서 상당한 개선을 보였다. 특히 실행기능에 대한 효과는 작업기억보다 억제 제어에서 더 강하게 나타났다.

한편, 소근육운동 기술과 주의전환능력 사이에 연관성이 보고된 선행연구(Maurer & Roebers, 2019)를 살펴보면, 5-6세 유아 124명이 다양한 난이도 12개의 소근육 및 대근육 운동 과제와 3개의 실행기능 과제를 완료하였다. 연구자는 어려운 운동 과제 수행이 쉬운 운동 과제 수행보다 덜 자동화된다고 가정했고, 실행기능은 쉬운 운동 과제 수행에 비해 어려운 과제 수행에 더 강하게 영향을 받는다고 가설을 세웠다. 연구 결과, 모든 운동 과제 수행에 내재된 도전과 요구가 운동-실행기능 연결의 크기에 영향을 미친다는 것을 보여주었다. 즉, 어려운(덜 자동화된) 운동 수행이 쉬운(더 자동화된) 운동 수행보다 실행기능과 더 깊은 관련이 있었다. 특히 복잡하고 어려운 소근육운동 과제 수행은 실행기능 중 주의전환에 강하게 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

마지막으로, 소근육운동 기술과 작업기억 간의 연관성을 보고한 Michel과 Molitor(2022)의 연구에서 발달성 운동 조절장애(Developmental

Coordination Disorder; DCD)가 있는 유아는 운동 계획과 관련된 시공간 작업기억(Molitor et al., 2020)에 현저한 손상을 보인다고 하였다. Alloway(2011)는 DCD 아동이 정보 저장 및 처리 영역 전반에 걸쳐 어려움을 겪는다고 했으며, 이는 언어 및 시공간 작업기억의 결함으로 나타난다고 하였다. 이처럼 소근육운동에서 보이는 장애는 작업기억 장애와 관련이 있다(Houwen et al., 2019; Molitor et al., 2015). Houwen 등(2019)의 연구에서도 소근육운동 능력이 낮은 하위 그룹의 3-4세 유아가 정상 발달 그룹에 비해 작업기억능력이 현저히 낮은 것을 확인할 수 있다.

이상의 선행연구들의 연구 결과를 바탕으로 내용을 종합해 보면, 유아의 소근육운동 기술과 실행기능 간의 관계가 앞서 언급한 체화된 인지 이론으로 설명될 수 있다. 지금까지 진행된 관련 연구들은 유아를 대상으로 소근육운동 기술과 실행기능을 직접 측정 및 평가하여 연관성에 대하여 실증적으로 분석한 연구는 많지 않았다. 따라서 본 연구는 유아의 소근육운동 기술과 실행기능을 직접 측정 및 평가하고, 유아의 소근육운동 기술의 하위요인이 실행기능의 하위요인을 어떻게 예측할 수 있는지 구체적으로 검증하고자 한다.

3. 유아의 소근육운동 기술과 가정 소근육운동 경험

1) 가정 소근육운동 경험의 개념 및 중요성

가정은 대부분의 유아가 노출되는 첫 번째 환경으로, 가정환경은 어린 유아들의 발달을 자극하는 데 도움이 될 수 있는 풍부한 기회 자원이자 학습과 발달을 위한 기본 환경이다(Valadi, 2021; Zoghi et al., 2019). 연구자들은 가정환경과 유아의 운동능력 발달의 관계를 확인하기 위하여 가정환경을 평가하는 도구를 개발해 왔다(Ammar et al., 2013; Dinkel et al., 2019). 그 도구 중 하나가 The Affordances in the Home Environment for Motor Development-Infant Scale(AHEMD-IS)이다

(Caçola et al., 2015). AHEMD-IS는 생태이론의 선택된 명제를 기반으로 한다(Gibson, 2002; Gibson, 2014). 이 이론은 환경이 행동을 위한 기회와 자원을 제공하는 데 핵심적인 역할을 한다고 제안하며, 지원성(Affordance)은 개인에게 도움이 될 수 있는 행동의 가능성을 제공하는 환경의 측면으로 간주된다(Hirose, 2002). 가정환경은 부모의 자기 보고를 통하여 다양한 자극 및 물리적 공간(실내/실외), 장난감(대근육/소근육)을 포함한 기구 및 공간 이용 가능성, 놀이 재료 등 가정환경 내에서 영아의 운동능력 발달에 영향을 미치는 요인들이 있는지, 있다면 얼마나 있는지를 통해 확인할 수 있다. 이러한 가정환경은 초기 발달에 매우 중요한 역할을 하고, 생애 초기에 자극적인 자료의 가용성은 발달을 최적화하는 데 중요하므로 가정의 물리적 환경에 대해 자세히 살펴볼 필요가 있다.

이 연구에서는 가정 소근육운동 경험으로 위에서 언급한 가정환경 외 부모인식과 운동빈도를 살펴보고자 한다. 유아의 운동 행동에 중요한 역할을 하는 부모는 모델링과 사회적, 물리적 환경 제공을 통해 자녀에게 영향을 미친다. 부모는 유아의 운동능력과 운동발달을 촉진하는 데 근본적인 역할을 하며, 새로운 기술을 개발하고 잠재력을 최대한 발휘할 수 있도록 선택적으로 유아의 맥락을 구성하고 활동을 조직하여 행동을 촉진시킨다(Martins et al., 2023). 특히 유아기 동안 부모의 영향은 후기 아동기의 신체활동과 관련이 있는 것으로 나타났다(Mattocks et al., 2008). 신체활동은 기본적인 운동능력을 향상시키기 때문에 많이 움직일 수 있는 활동적인 기회가 필요하고, 미취학 아동의 경우 이러한 기회는 주로 가정환경에서 발생한다. 유아를 위한 최적의 환경을 구성하기 위해서는 무엇보다 유아의 운동능력과 발달에 대한 정확한 인식이 필요하다. 또한 가정환경에서 신체활동의 중요성에 대한 부모의 믿음과 행동은 자녀의 더 나은 운동 수행과 관련이 있다. 따라서 자녀의 신체를 이용한 활동과 운동기술 발달에 대하여 부모가 어떠한 인식을 가지고 있는지 알아보는 것은 의미가 있다.

한편, 운동기술은 유아의 활동과 긍정적으로 연관되어 있으며, 유아기

동안 운동발달의 중요성을 강조한다(Zeng et al., 2017). Stodden 등(2008)의 연구에서 신체활동과 운동발달 사이 상호관계를 가정하는 발달적으로 역동적인 모델을 설명했다. 이 모델에 따르면, 유아의 신체활동은 운동능력을 향상시키는 경험의 기회를 제공하기 때문에 운동능력 발달에 필수적인 역할을 한다고 하였다. 이러한 운동능력의 개인 간 차이는 운동 경험의 차이로 간주되며(Dapp et al., 2021), 일상적인 신체활동의 빈도가 높을수록 운동능력이 더 빠르게 발달한다. 즉, 운동능력이 급격히 발달하는 유아기에는 신체활동에 더 자주 참여함으로써(Wang et al., 2020) 운동능력과 관련된 구체적인 운동기술을 향상시킬 수 있다. 따라서 유아의 운동기술의 수준을 알아보기 위해 유아가 얼마나 자주, 얼마나 많이 운동 경험을 하는지 살펴보는 것은 도움이 된다.

2) 가정 소근육운동 경험과 유아의 소근육운동 기술의 관계

유아의 운동발달은 유전적, 후성적, 환경적 요인의 영향을 받는다(Hwang et al., 2014; Sheldrick & Perrin, 2013). 이 연구에서는 유아의 소근육운동 기술을 예측하는 요인으로 가정에서의 소근육운동 경험을 살펴보고자 한다. 가정 소근육운동 경험으로 부모인식, 가정환경, 운동빈도가 소근육운동 기술에 대한 설명력을 갖는지 확인할 것이다.

먼저, 부모인식과 유아의 운동기술 간 관련성을 다룬 선행연구를 보면, Agard 등(2021)의 연구에서 유아기 신체활동과 기본적인 운동능력을 형성하는 데 중심적인 역할을 하는 부모의 속성, 가치, 인식 및 관행을 탐구하였다. 소수의 부모는 자녀와 함께 신체활동에 참여하는 것의 중요성을 깨닫지 못했고, 자녀가 선천적으로 운동능력에 능숙하므로 운동 기술을 습득하도록 가르치고 도울 필요가 없다고 믿었다. 유아들에게서 관찰되는 운동능력의 부족은 부분적으로 부모의 지식 격차와 유아들의 기본운동능력 발달 및 진행에 대한 부모의 인식 부족에서 비롯될 수 있다. 실제로 유아들은 다양한 운동기술을 연습하고 숙달하도록 도와줄 자극과 기회가 필요하다. 부모가 역할의 중요성을 깨닫지 못한다면 유아는 기본

운동능력을 촉진하기 위한 전략에 참여할 가능성이 낮다. 따라서 유아들의 신체활동 및 기본운동능력 발달에 대한 부모의 인식 및 역할의 중요성을 확인할 필요가 있다.

다음으로, 가정환경과 운동기술의 관계에 관한 연구를 살펴보면, 풍부하고 보다 자극적인 환경은 사회 및 인지 발달에 긍정적인 영향을 미치고 운동발달을 지원할 수 있다(Rodger & Ziviani, 2006). 효과적인 가정환경에는 교육, 지원 자료 및 가족 구성원의 격려가 포함된다. 즉, 충분한 자극, 학습 기회(장난감, 장비, 활동, 공간) 및 긍정적인 격려는 의미있는 발달을 촉진하기 위해 환경과 유기체 간 자극적인 연결 고리를 제공한다(Adolph & Kretch, 2015; Apaydın et al., 2023; Flôres et al., 2019). AHEMD-IS를 활용한 Miquelote 등(2012)의 연구에서 풍부한 운동 지원성을 제공하는 가정은 자녀들이 운동에 참여할 수 있도록 돕고 신체활동을 장려한다고 언급하며 가정에서의 소근육운동 경험의 중요성을 강조하였다. 연구 결과, 가정환경의 지원성은 소근육운동 능력 및 인지발달과 상호 관계가 있음이 나타났다. 이후 또 다른 연구(Zoghi et al., 2019)에서는 인지 수행과 소근육운동 사이에 양의 상관관계가 성립하였으며, 운동 지원성이 이후의 운동능력과 인지 행동에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 보여주었다. 이처럼 많은 연구들에서 가정의 지원성 수준과 영유아의 운동능력 사이에 상당한 연관성이 있다고 보고하였다. 다시 말해, 가정환경 지원성 점수가 높을수록 운동능력이 우수한 것을 알 수 있다(Haydari et al., 2009; Mori et al., 2013; Saccani et al., 2013).

마지막으로, 운동빈도와 유아의 운동기술 간 관련성을 다룬 선행연구들 중, 손가락의 소근육을 활용하는 악기 연주가 소근육운동 기술 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 연구들이 있다. 손과 손가락 움직임의 지속적인 연습은 운동 조정을 개선하고 시청각 정보와 운동 제어의 통합을 미세 조정한다. Schlaug 등(2005)의 신경 영상 연구에서 음악적으로 훈련된 어린이가 악기 연습 중에 배운 기술, 즉 양손의 미세 운동 제어 및 청각 식별과 관련된 뇌 영역에서 훨씬 더 많은 회백질을 가지고 있음을 보여주었다. 또 다른 연구(Martins et al., 2018)에서는 아동들이 24주 동

안 오르프 기반 음악 연습을 하였고, 양손 협응 및 손 기민성을 향상시키는 데 효과적임을 확인하였다. 이러한 음악활동 외에 종이접기 활동이 소근육운동 능력을 향상시킨다는 Cllaudia 등(2018)의 연구와 점토를 활용한 미술활동이 손목, 손, 손가락의 힘을 조절하는 방법을 익힘으로써 소근육운동 기능 향상에 영향을 미친다는 이미희와 전순영(2016)의 연구를 통해서 유아들이 소근육을 활용한 다양한 활동들을 많이 할수록 관련 소근육운동 기술을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

관련 선행연구들의 연구 결과를 바탕으로 가정 소근육운동 경험의 부모인식, 가정환경, 운동빈도는 유아의 소근육운동 기술을 잘 설명할 수 있을 것으로 예상된다. 그동안 소근육운동의 개인차를 환경적 요인으로 가정에서 어떤 경험을 어느 정도 하고 있는지 살펴본 유아 대상 연구는 드물었다. 따라서 가정에서의 소근육운동 경험의 하위 요인 3가지(부모인식/가정환경/운동빈도)가 유아의 소근육운동 기술을 어떻게 예측하는지 확인하고자 한다.

이상으로, 본 연구에서는 소근육운동 기술이 유아의 실행기능을 설명할 수 있고, 가정에서의 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 설명할 수 있을 것이라는 연구 가설을 설정하고 검증하고자 한다.

Ⅲ. 연구문제 및 용어의 정의

1. 연구문제

이 연구는 유아의 소근육운동 기술이 실행기능을 예측하는지 살펴보고, 유아가 소근육운동 기술을 사용할 때 활성화되는 전전두엽의 특정 영역 및 정도를 관찰함으로써 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계를 파악하고자 하였다. 또한 가정에서의 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 예측하는지 알아보고, 가정 소근육운동 경험과 유아의 소근육운동 기술의 관계를 확인하고자 하였다.

구체적인 연구문제는 다음과 같다.

【연구문제 1】 가정 소근육운동 경험, 유아의 소근육운동 기술, 소근육운동 사용 시 유아의 전전두엽 피질 활성화, 실행기능에 성차가 있는가?

【연구문제 2】 유아의 소근육운동 기술은 실행기능을 예측하는가?

【연구문제 3】 유아가 소근육운동 기술을 사용할 때 전전두엽의 어떤 영역이 활성화되는가?

【연구문제 4】 가정 소근육운동 경험은 유아의 소근육운동 기술을 예측하는가?

4-1. 가정 소근육운동 경험은 유아의 소근육운동 기술 과제 수행을 예측하는가?

4-2. 가정 소근육운동 경험은 소근육운동 사용 시 유아의 전전두엽 피질의 활성화 정도를 예측하는가?

2. 용어의 정의

이 연구에서 사용되는 주요 용어들을 다음과 같이 조작적으로 정의한다.

1) 가정 소근육운동 경험

가정 소근육운동 경험은 유아가 가정에서 소근육운동과 관련하여 접할 수 있는 다양한 측면의 경험을 의미한다. 이 연구에서는 부모인식, 가정환경, 운동빈도 세 가지를 살펴본다. 부모인식, 가정환경, 운동빈도의 조작적 정의는 다음과 같다.

부모인식은 발달/지원/교육 측면에서 자녀의 소근육운동 발달과 소근육운동 경험에 대한 부모의 입장이 어떠한지, 부모의 평소 생각을 말한다. 가정환경은 유아의 가정이 유아가 소근육운동을 많이 경험할 수 있는 환경인지, 유아가 가정에서 소근육운동과 관련하여 이용할 수 있는 물리적 환경(재료들)이 있는지, 있다면 어느 정도 있는지를 말한다. 운동빈도는 유아가 가정에서 소근육운동을 하는지, 한다면 어느 정도 하는지 빈도를 말한다.

2) 소근육운동 기술

소근육운동 기술은 신체의 작은 부위 손과 손가락 말단 근육의 움직임 제어 및 조정을 의미한다(Bruininks & Bruininks, 2005; Pitchford et al., 2016). 이 연구에서는 유아의 소근육운동 기술의 하위요인으로 소근육운동 정밀성과 소근육운동 통합, 손 기민성을 살펴본다. 소근육운동 정밀성, 소근육운동 통합, 손 기민성의 조작적 정의는 다음과 같다.

소근육운동 정밀성은 표적화된 움직임을 정교하게 조정하는 기술을 말한다. 소근육운동 통합은 시각적인 정보를 해석하고 손으로 구현하는 기술을 말한다. 손 기민성은 작은 물체를 빠르고 능숙하게 조작하는 기술을 말한다(Backman et al., 1939).

3) 전전두엽 피질의 활성화

전전두엽은 대뇌 피질의 전방 영역에 위치하고 복잡한 인지 행동 계획, 의사 결정 및 사회적 행동과 관련한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Miller & Cohen, 2001). 특정 자극이 주어지면 뇌의 관련 부위가 활성화되는데, 활성화된 전전두엽 피질은 관련된 인지기능을 활발하게 하여 반응성이 높아지는 것을 의미한다(Haller et al., 2018).

이 연구에서는 유아가 소근육운동 과제를 수행하는 동안 기능적 근적외선 분광법(functional Near-Infrared Spectroscopy, fNIRS)을 이용하여 활성화되는 전전두엽 피질의 영역 및 정도를 확인한다.

4) 실행기능

실행기능은 특정 목표를 달성하기 위하여 방해되는 사고 및 행동을 의식적으로 조절하거나 억제하는 상위 인지 제어 과정을 의미한다(Moriguchi & Hiraki, 2013). 이 연구에서 실행기능은 억제능력, 주의전환능력, 작업기억능력을 살펴본다. 억제능력, 주의전환능력, 작업기억능력의 조작적 정의는 다음과 같다.

억제능력은 불필요한 자극을 통제하고 더 적절하거나 필요한 반응을 보이는 능력을 말한다(Diamond, 2013). 주의전환능력은 상황에 맞게 주의와 행동을 유연하게 바꾸고, 다양한 정보를 동시에 처리할 수 있는 능력을 말한다(박하연, 2016; Anderson, 2002; Baggetta & Alexander, 2016). 작업기억능력은 필요한 정보를 일시적으로 저장하는 인지 처리 시스템을 말하며(Baddeley & Hitch, 1974), 이 연구에서는 시각 정보들을 빠르게 인지하고 통합하여 정보를 일시적으로 기억하고 처리하는 능력인 시각 작업기억능력과 언어적 자극을 민감하게 인식하고 해석하여 정보를 일시적으로 기억하고 처리하는 능력인 청각 작업기억능력으로 나누어 살펴본다.

Ⅳ. 연구방법 및 절차

1. 연구 참여자

이 연구의 목적은 유아의 실행기능을 소근육운동 기술이 어떻게 예측하는지 살펴보고, 유아가 소근육운동 과제를 수행하는 동안 활성화되는 전전두엽 피질의 특정 영역 및 정도를 관찰함으로써 소근육운동 기술과 실행기능 간 신경학적 연결을 확인하여 그 관계를 파악한다. 또한 가정에서의 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 어떻게 예측하는지 살펴보고 가정 소근육운동 경험과 유아의 소근육운동 기술의 관계를 밝히는 것이다. 유아기는 실행기능이 급속하게 발달하는 시기이고, 특히 초등학교 취학을 1년여 앞두고 5세로 접어든 시기의 유아는 활발한 발달을 보이며 발달 속도에 있어 개인차가 크게 나타나므로 유아의 소근육운동 발달 양상을 검토하고 개인차 요인을 알아보는 것은 의미가 있어 5세 유아를 연구 대상으로 선정하였다.

이를 위하여 경기지역 유아교육기관 6곳의 만 4세 학급에 재원중인 유아 107명[1]과 그들의 부모 107명, 총 214명을 연구 참여자로 하였다. 연구 참여자의 사회인구학적 특성을 살펴보면 <표 Ⅳ-1>과 같다. 먼저, 유아의 특성으로 유아의 평균 월령은 66.75개월(*SD*=3.18)이었으며, 성별은 남아 54명(50.5%)과 여아 53명(49.5%)이었다.

다음으로 부모의 특성을 살펴보면, 어머니의 최종학력은 고등학교 졸업이 39명(36.4%)으로 가장 많았고, 아버지의 최종학력 역시 고등학교 졸업이 39명(36.4%)으로 가장 높게 나타났다. 부모의 취업상태는 맞벌이

---

1) 연구 참여자 수는 G*Power 프로그램(ver 3.1.9.4)을 이용하여 도출하였다. 유의수준 0.05, 효과크기 0.15, 검정력 0.90을 유지하기 위해 필요한 표본의 총 수는 89명이다. 이 연구에서는 총 107명의 유아를 조사하였으며, 유아들의 갑작스런 움직임에 의한 전전두엽 활성화 데이터의 손상으로 17명이 제외되어 전전두엽 피질의 활성화 관련 분석에는 유아 90명의 데이터가 이용되었다.

가 57명(53.3%)으로 가장 많았고, 월평균 소득은 500만원-600만원이 23명(21.5%)으로 가장 높게 나타났다.

<표 Ⅳ-1> 연구 참여자의 사회인구학적 특성

특성		사례 수(%)
유아 월령	월령 범위	60-71
	평균 월령	66.75(3.18)
유아 성별	남아	54(50.5)
	여아	53(49.5)
어머니 최종학력	중학교 졸업 이하	1(0.9)
	고등학교 졸업	39(36.4)
	2-3년제 전문대학 졸업	33(30.8)
	4년제 이상 대학교 졸업	32(29.9)
	대학원 재학 이상	2(1.9)
아버지 최종학력	중학교 졸업 이하	0(0)
	고등학교 졸업	39(36.4)
	2-3년제 전문대학 졸업	31(29.0)
	4년제 이상 대학교 졸업	31(29.0)
	대학원 재학 이상	6(5.6)
부모 취업상태	맞벌이	57(53.3)
	외벌이(아버지)	47(43.9)
	외벌이(어머니)	3(2.8)
월평균 소득	200만원 미만	1(0.9)
	200만원 이상 - 300만 미만	9(8.4)
	300만원 이상 - 400만 미만	19(17.8)
	400만원 이상 - 500만 미만	20(18.7)
	500만원 이상 - 600만 미만	23(21.5)
	600만원 이상 - 700만 미만	13(12.1)
	700만원 이상 - 800만 미만	4(3.7)
	800만원 이상 - 900만 미만	8(7.5)
	900만원 이상 - 1000만 미만	4(3.7)
	1000만원 이상	6(5.6)
계		107명(100%)

2. 연구 도구

1) 가정 소근육운동 경험

가정 소근육운동 경험은 가정에서 소근육운동과 관련하여 접할 수 있는 다양한 측면의 경험을 의미한다. 가정 소근육운동 경험의 부모인식, 가정환경, 운동빈도를 측정하기 위하여 기존 선행연구들에서 사용되었던 관련 연구 도구들을 참고하여 설문지를 작성하였다. 부모인식은 유아의 신체활동 및 기본운동능력과 관련하여 부모의 속성, 가치, 인식 및 관행을 질적으로 탐색한 Agard 등(2021)의 연구를 참고하였고, 가정환경은 18-42개월 영유아의 소근육 및 대근육 운동능력에 대한 가정환경에서의 운동 지원성을 조사한 Gabbard 등(2008)의 Affordances in Home Environment for Motor Development-Self Report(AHEMD-SR)에서 놀이재료(장난감) 부분을 참고하였으며, 운동빈도는 가정에서 유아가 실제로 어떠한 소근육운동에 참여하는지 활동 종류를 조사한 Suggate 등(2017)의 MAQ (Motor Activities Questionnaire) 도구에서 소근육운동의 종류 일부를 참고하여 5세 유아의 연령에 맞는 내용으로 수정·보완한 후 사용하였다. 설문지의 내용은 아동학 박사 1인, 유아교육 박사 1인, 유치원 현장 교사 2인을 통해 타당도를 검증 받았다.

가정 소근육운동 경험 설문지는 유아기 소근육발달과 자녀의 소근육운동 경험에 대한 부모의 생각은 어떠한지 발달/지원/교육 측면에서 부모인식을 파악하고, 유아가 지내는 가정은 소근육운동을 다양하게 접할 수 있는 환경인지 놀이영역과 일상영역에서 가정환경을 점검하고, 실제로 유아가 가정에서 얼마나 자주 소근육운동을 하고 있는지 놀이영역과 일상영역에서의 운동빈도를 확인함으로써 소근육운동 기술의 향상을 위한 가정 소근육운동 경험의 다양한 측면을 상세히 살펴보았다.

설문지의 구성과 문항수를 살펴보면 다음과 같다. 전체 64문항 중 사회인구학적 변인(부모의 최종학력, 취업상태, 직업, 가정의 월평균 소득 등)에 관한 문항 5개, 유아의 개인 특성 변인(생년 월, 성별, 출생순위,

우세손)에 관한 문항 4개 외, 가정 소근육운동 경험의 3가지 하위요인 가정환경 20문항, 운동빈도 20문항, 부모인식 15문항으로 구성되어 있다. 첫 번째 가정환경은 '유아가 소근육운동 경험을 많이 할 수 있는 환경인지, 유아가 가정에서 소근육운동과 관련하여 이용할 수 있는 물리적 환경(재료)들이 있는지, 있다면 어느 정도 있는지'를 묻는 질문 총 20문항으로 이루어져 있다. 두 번째 운동빈도는 '유아가 가정에서 소근육운동을 하는지, 한다면 어느 정도 하는지' 빈도를 묻는 질문 총 20문항으로 구성되어 있다. 마지막으로 세 번째 부모인식은 '자녀의 소근육 발달과 관련하여 유아기 소근육운동 발달과 소근육운동 경험에 대한 입장이 어떠한지' 부모님의 평소 생각을 묻는 질문으로 발달, 지원, 교육과 관련하여 각각 5문항씩 총 15문항으로 구성되어있다.

문항별 반응양식은 가정환경의 경우 '전혀 없다'의 1점에서 '매우 많이 있다'의 5점, 운동빈도는 '전혀 하지 않는다'의 1점에서 '매우 많이 한다'의 5점, 부모인식은 '전혀 그렇지 않다' 1점에서 '매우 그렇다' 5점으로 5점 Likert척도이다. 본 도구의 전체 문항 신뢰도는 크론바흐 알파 계수를 산출한 결과, .95로 매우 높은 편이었으며, 각 하위 영역별 신뢰도는 가정환경 .90, 운동빈도 .88, 부모인식 .87, 모두 .80 이상으로 높게 나타나, 신뢰도는 우수한 것으로 판단되었다. 따라서 신뢰도를 저해하는 문항은 없는 것으로 평가되었고, 문항 제거 없이 분석을 진행하였다.

2) 소근육운동 기술

① 소근육운동 기술 과제 수행

소근육운동 기술은 Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition(이하 BOT-2)으로 평가하였다(Bruininks & Bruininks, 2005). BOT-2는 4-21세 개인의 운동 기술을 평가하기 위하여 개발된 도구로, 소근육운동 기술의 3개 하위 영역과 대근육운동 기술의 5개 하위 영역 총 53개의 항목으로 구성되어 있다. 이 연구에서는 유아의 소근육운동 기술을 평가하기 위해 축약판 BOT-2(BOT-2-Brief Form)를 사용

하였는데, 축약판은 과제 수행 시간을 단축한 스크린 도구로 8개 영역 총 14개의 항목으로 구성되어 있다. 이 연구에서는 유아의 소근육운동 기술을 평가하기 위하여 미세 수동 제어(Fine Manual Control)의 소근육운동 정밀성(Fine Motor Precision)과 소근육운동 통합(Fine Motor Integration), 수동 협응(Manual Coordination)의 손 기민성(Manual Dexterity) 3개 하위영역에 해당하는 소검사를 실시하였다. 소근육운동 정밀성은 별 색칠하기, 굽은 길 따라 선 긋기 2가지 항목, 소근육운동 통합은 겹쳐진 원 보고 따라 그리기, 다이아몬드 보고 따라 그리기 2가지 항목, 손 기민성은 15초 동안 블록 실 꿰기 1가지 항목으로 측정되었다.

유아의 소근육운동 기술 평가 시 측정된 데이터는 두 가지였다. 하나는 유아들이 소근육운동 기술 과제를 얼마나 잘 수행하였는지 과제 수행 능력을 측정하였고, 다른 하나는 유아가 소근육운동 기술 과제를 수행하는 동안 전전두엽 피질의 활성화 정도를 측정하였다.

소근육운동 기술 과제 수행 평가 기준을 살펴보면 <표 Ⅳ-2>와 같다. 소근육운동 정밀성의 별 색칠하기 과제는 별 모양을 얼마나 꼼꼼하게 색칠하였느냐에 따라 0-3점, 굽은 길 따라 선 긋기 과제는 굽은 길을 따라 선을 그을 때, 길을 벗어난 횟수에 따라 0-7점을 부여하여 합계 0-10점으로 계산하였다. 소근육운동 통합의 겹쳐진 원 보고 따라 그리기 과제는 제시된 도형을 얼마나 잘 따라 그렸는지 6가지 기준에 따라 0-6점, 다이아몬드 보고 따라 그리기 과제는 5가지 기준을 충족하였는지에 따라 0-5점을 부여하여 합계 0-11점으로 계산하였다. 마지막으로 손 기민성을 평가하는 블록 실 꿰기 과제는 두 번 시행하였으며, 제한 시간 15초 동안 유아가 끼운 블록의 개수가 많을수록 더 많은 점수를 부여하였다. 실에 꿴 블록의 개수에 따라 0-9점(꿴 블록 수 - 1)으로 계산하였다(노보람, 최나야, 2022). 유아의 소근육운동 기술의 평가는 연구자와 연구 보조자가 각각 평가 기준을 바탕으로 채점한 후, 점수가 일치하지 않은 영역에 대해서는 추가적인 논의 후 최종 점수를 부여하였다.

<표 Ⅳ-2> 소근육운동 기술 평가 내용 및 기준

구분	과제	평가 기준
소근육운동 정밀성	별 색칠하기	·얼마나 꼼꼼하게 색칠하였는가?
		0점 1점 2점 3점
	굽은 길 따라 선긋기	·길을 벗어나지 않고 굽은 길을 따라 선을 잘 그렸는가? (벗어난 횟수에 따라 점수 부여)
		0점: ≥ 21
		1점: 15-20
		2점: 10-14
		3점: 6-9
		4점: 4-5
		5점: 2-3
		6점: 1
		7점: 0
소근육운동 통합	겹쳐진 원 보고 따라 그리기	·제시된 도형을 얼마나 잘 따라 그렸는가?
		1. Basic Shape : 기본 모양 (0점/1점)
		2. Closure : 종료 (0점/1점)
	다이아몬드 보고 따라 그리기 (Overlap은 해당 없음)	3. Edges : 모서리 (0점/1점)
		4. Orientation : 방향 (0점/1점)
		5. Overlap : 겹쳐진 부분 (0점/1점)
		6. Overall size : 전체적 크기(0점/1점)
손 기민성	블록 실 꿰기 (두 번 시도)	·제한 시간 내 블록을 얼마나 많이 끼웠는가?
		0점: 0-1개
		1점: 2개
		2점: 3개
		3점: 4개
		4점: 5개
		5점: 6개
		6점: 7개
		7점: 8개
		8점: 9개
		9점: ≥10개

② 소근육운동 과제 수행 시 전전두엽 피질의 활성화

유아가 소근육운동 기술 과제를 수행하는 동안 전전두엽의 활성화된 영역을 확인하기 위하여 실시간으로 뇌 활성화 변화량을 측정할 수 있는 기능적 근적외선 분광법(functional Near-Infrared Spectroscopy, f-NIRS)을 사용하였다. f-NIRS 기기는 특정 뇌 영역의 활성화 정도를 측정할 때, MBLL(Modified Beer-Lambert Law) 계산 방식을 적용하여 과제를 수행하는 Task 구간과 아무것도 하지 않고 휴식을 취하는 Rest 구간에서의 혈액 내 산화 헤모글로빈(Oxy-hemoglobin, HbO2)의 농도와 탈산화 헤모글로빈(Deoxy-hemoglobin, HbR)의 농도 데이터를 산출한다(Sato et al., 2013). 이 연구에서는 유아가 소근육운동 과제 5가지를 수행하는 동안 과제별 전전두엽 피질의 활성화 정도를 측정하였다. 시간 제한이 있는 손 기민성 과제에 맞추어 모든 과제를 15초 동안 진행하였고, 과제 수행 전으로 움직이거나 말을 하지 않고 정면을 바라보는 Rest 구간 15초를 설정하여 Rest1(15초)-Task1(15초), Rest2(15초)-Task2(15초), Rest3(15초)-Task3(15초), Rest4(15초)-Task4(15초), Rest5(15초)-Task5(15초), Rest5-1(15초)-Task5-1(15초) 순서로, Rest 구간과 Task 구간을 번갈아 시행하는 방식으로 진행하였다. 보통 블록 설계의 경우는 블록을 여러 번 시행하거나 혹은 한 블록 내에서 과제를 여러 번 시행하는 등 과제의 반복 측정을 통해 검사의 신뢰도를 높일 수 있다(박상희 등, 2019; Huettel et al., 2004).

본 연구의 소근육운동 기술 검사의 경우 Task 1, 2는 운동 정밀성 과제, Task 3, 4는 운동 통합 과제, Task 5, 5-1은 두 번 반복 수행하는 손 기민성 과제로 나누어 측정하도록 설계된 검사 도구(BOT-2)를 사용하였다. 도구 자체로는 타당성과 신뢰성이 우수하여 소근육운동 기술을 위한 객관적인 측정 도구라 판단되나(Bruininks & Bruininks, 2005; Deitz et al., 2007; Matarma et al., 2020), 개인 내 변산을 줄이기 위하여 임의로 반복 측정하는 것은 어려워 연구의 표본 수를 늘리는 방법으로 데이터의 신뢰도를 확보하였다. 이 연구에서 소근육운동 과제 수행 시 전전두엽 피질의 활성화 측정에 참여한 유아의 수는 5세 90명으로,

선행연구들(Mayseless & Reiss, 2021; Xie et al., 2021)과 비교했을 때 충분한 표본 수이다.

유아의 전전두엽 피질 활성화는 소근육운동 과제 수행 시 전체 과제에서 공통적으로 활성화된 채널의 전전두엽 피질의 활성화 수치를 분석에 사용하였으며, Task 구간에서 산출한 산화 헤모글로빈(HbO2) 농도와 안정 시 Rest 구간에서 산출한 산화 헤모글로빈(HbO2)의 차로 계산되었다.

[그림 Ⅳ-1] 아동용 f-NIRS 장치(좌), 측정원리(우)
출처: OBELAB 홈페이지 https://www.obelab.com/

위 [그림 Ⅳ-1] 과 같이 f-NIRS 기기는 발광원(Laser)과 광수신기(Detector)로 이루어져 있어 발광원으로부터 나온 근적외선이 두피를 투과하여 대뇌 피질 조직을 통과하게 되고, 이후 발생하는 신호를 광수신기에서 수신한다. 이 신호를 통해 대뇌 피질의 산화 헤모글로빈(HbO2)과 탈산화 헤모글로빈(HbR)의 농도를 측정함으로써 뇌 활성화에 대한 정보를 얻을 수 있다. 광수신기가 수신한 신호는 f-NIRS 장치에 부착된 15개의 채널을 통해 연구자에게 제공된다. 즉, 연구자는 최종적으로 채널별 HbO2와 HbR의 농도에 대한 정보를 얻을 수 있다(강수정, 최나야, 2021; 백희정, 2020). 이 연구에서는 일반적으로 운동 관련 분석에 많이 사용되는 산화 헤모글로빈(HBO2)의 농도로 전전두엽 피질의 활성화 정도를 측정하였다(Holtzer et al., 2017; Strangman et al., 2003)

유아는 소근육운동 기술 과제 수행 시, 헤어밴드 형태의 기기를 머리에 쓴 상태에서 검사를 진행하게 되며, f-NIRS 휴대용 근적외선 뇌 영상 장치, NIRSIT LITE KIDS(OBELAB, 한국)는 두 파장의 근적외선

~780nm, ~850nm 대역의 레이저를 대뇌 피질에 조사하여 뇌 혈액 내 산소 포화도 변화를 측정한다. 이 f-NIRS 기기의 무게는 193g이고, 조영제 등을 사용하지 않는 비침습적 방법으로 5mw 이하의 약한 빛을 조사하기 때문에 인체에 무해하며 안전하게 뇌 활성화 데이터를 얻을 수 있다. 또한 다른 신경 영상 장치에 비해 크기가 작아 휴대가 용이하고, 모션 센서를 활용한 움직임 보상 알고리즘 기능이 탑재되어 있어 몸의 움직임에 대한 제한이 비교적 적기 때문에 어린 유아를 대상으로 하는 연구에 적합하다고 할 수 있다(강수정, 2020; Matsuda & Hiraki, 2006; Shimada & Hiraki, 2006). 다만 공간해상도가 낮아 뇌 전체 영역을 상세하게 측정하기는 어렵고 대뇌 피질 범위에서 측정이 가능하다.

3) 실행기능

실행기능은 억제능력, 주의전환능력, 작업기억능력 3가지 영역을 평가하였다. 억제능력 검사는 인지 억제능력 검사와 행동 억제능력 검사 두 가지로 진행하였다.

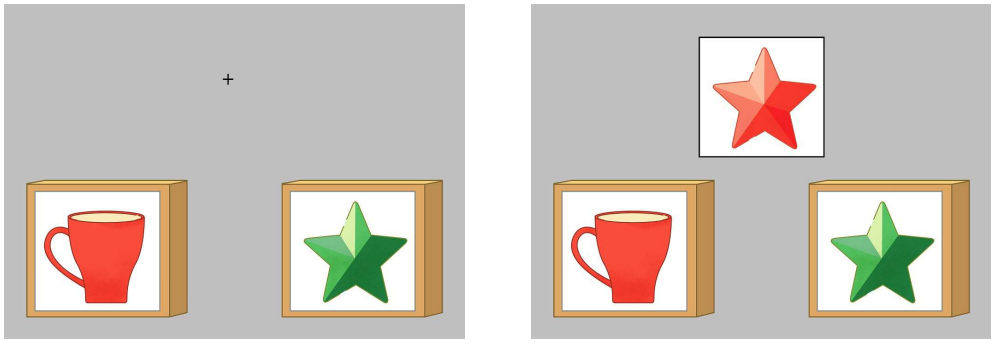
유아의 인지 억제능력을 측정하기 위하여 Gerstadt 등(1994)의 낮과 밤 과제를 수정·보완한 박하연(2016)의 도구를 사용하였다. 이 검사는 해가 그려진 카드를 보고 '밤'이라고 말하고, 달이 그려진 카드를 보고 '낮'이라 말하도록 개발되었다. 즉, 카드의 그림을 보고 그대로 말하고 싶은 우세한 반응을 억제하고 반대로 바꾸어 말할 수 있는지를 평가하는 것이다. 여기서 해가 그려진 그림 카드(하얀색 바탕에 노란색 해 그림)와 달이 그려진 그림 카드(검정색 바탕에 노란색 달 그림)는 13.5cm × 10cm 크기로 제작하여 사용하였다. 측정 과정을 살펴보면, 먼저 유아에게 해와 달이 그려진 그림 카드를 소개하고, 그림을 보고 해와 달로 정확히 인지하고 바르게 말할 수 있는지 확인하였다. 그 다음, 해가 그려진 카드를 보고 밤이라 말하고, 달이 그려진 카드를 보고 낮이라 말해야 하는 규칙을 설명하였다. 본 검사 시행 전, 유아가 연속으로 카드 4장의 정답을 이야기할 때까지 연습하였다. 연습 검사에서는 유아가 규칙을 완벽하게 이

해할 수 있도록 오답 시 올바른 피드백을 주었다. 본 검사에서는 '달-해-해-달-해-달-달-해-해-달-해-달-달-해-달-해'의 순서로 총 16번 연속 시행하였으며, 이때는 틀리더라도 어떠한 피드백도 주지 않고 각 회기마다 성공하면 1점, 실패하면 0점으로 처리하였다. 총점의 범위는 0-16점이고, 점수가 높을수록 유아의 인지 억제능력이 높은 것을 의미한다.

유아의 행동 억제능력을 측정하기 위하여 Cameron Ponitz 등(2008)과 McClelland 등(2007)이 개발한 '머리-발 과제(Head-to-Toes Task)'를 수정·보완한 지경진, 이강이(2009)의 도구를 사용하였다. '머리-발 과제'는 복합적인 명령에 반응함으로써 유아의 행동 억제능력을 측정하기 위해 개발된 도구이다. '머리-발 과제'는 '과제 1'과 '과제 2'로 두 번 시행하였는데, '과제 1'에서 연구자는 유아가 '머리'를 만지라고 하면 '발'을 만지고, '발'을 만지라고 하면 '머리'를 만지며 반대로 수행할 수 있는지 확인하였다. 연습 과제를 통하여 유아가 규칙을 정확히 이해했는지 파악하였고, 틀린 경우 올바른 피드백을 준 후, 10회의 본 검사를 실시하였다. 같은 방식으로 '과제 2'에서 연구자는 유아에게 '무릎'을 만지라고 하면 '어깨'를 만지고, '어깨'를 만지라고 하면 '무릎'을 만지는 규칙을 알려준 후, 연습 과제를 통하여 유아가 규칙을 정확히 이해했는지 확인하였다. 유아에게 '머리→발', '발→머리', '어깨→무릎', '무릎→어깨'의 총 4가지 규칙을 상기시킨 후, 본 검사 총 10회를 실시하였다. 평가 기준은 유아가 연구자의 지시에 올바른 반응을 보이면 2점, 틀린 반응을 보인 후 올바른 반응으로 스스로 수정을 하면 1점, 틀린 반응을 보이면 0점이었다. '머리-발 과제'의 점수 범위는 '과제 1'과 '과제 2' 각각 0-20점으로, 총점은 0-40점이고 점수가 높을수록 행동 억제능력이 뛰어난 것임을 의미한다.

유아의 주의전환능력을 측정하기 위하여 NIH-toolbox의 수정 버전인 강수정(2020)의 차원변경 카드분류 과제를 이용하였다. 이 과제는 [그림 Ⅳ-2] 와 같이 타겟 카드와 테스트 카드로 구성되며, 모양에 따라 카드를 분류하는 규칙에서 빨간 '별' 테스트 카드는 초록 '별' 타겟 카드와 함께 분류하고, 색에 따라 카드를 분류하는 규칙에서는 '빨간' 별 테스트

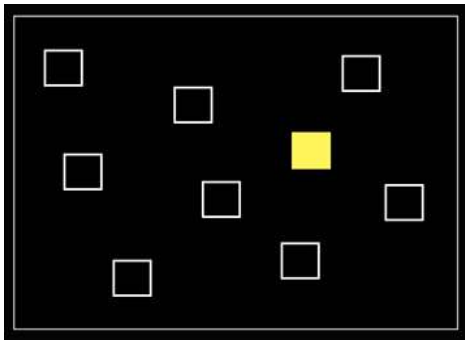
카드는 '빨간' 컵 타겟 카드와 함께 분류해야 한다. 유아들은 컴퓨터 화면을 보며 음성으로 카드분류과제를 제시받았고, 해당 키보드 버튼을 누름으로써 카드분류 과제를 수행하였다. 차원변경 전(pre-switch) 단계에서 첫 번째 규칙(예: 색)에 따라 카드를 분류하도록 음성 안내가 나오면, 유아는 첫 번째 규칙에 따라 8번의 카드 분류를 수행하였다. 그 다음, 차원변경 후(post-switch) 단계에서 두 번째 규칙(예: 모양)에 따라 카드를 분류하도록 음성 안내가 나오면, 유아는 두 번째 규칙에 따라 8번의 카드분류를 수행하였다. 색 규칙과 모양 규칙 중 어느 규칙이 먼저 제시되는지는 무작위하게 배정하여 순서에 따른 효과를 배제하였다. 이렇게 차원변경 전과 차원변경 후 단계까지가 기본 카드분류 과제와 동일한 절차이고, 혼합 단계에서는 유아가 음성 안내를 통해 제시되는 규칙(색 혹은 모양)을 잘 듣고, 각 규칙에 따라 카드 분류를 수행하였다. 이때 색 규칙과 모양 규칙이 무작위한 순서로 제시되었으며, 유아는 8번의 카드 분류를 수행하였다. 카드 분류 과제 시 유아가 규칙에 따라 카드를 얼마나 정확히 분류했는지 정답률을 측정하였다. 이러한 정답률은 유아들이 키보드 버튼을 누름으로써 E-prime 2.0 소프트웨어를 통해 자동으로 기록되었다.



[그림 Ⅳ-2] 카드분류 과제 화면 예시

유아의 시각 작업기억능력을 측정하기 위하여 E-prime 2.0 소프트웨어 프로그램(E-prime 2.0 Standard version)을 활용한 박윤현(2021)의 코시기억과제(corsi memory task)를 사용하였다. 이 과제는 두 가지 하위과제(바로 가리키기, 거꾸로 가리키기)로 구성된다. 바로 가리키기 과제

는 [그림 Ⅳ-3] 과 같이 컴퓨터 화면에 제시되는 9개의 네모 칸 중 1초 간격으로 한 칸씩 색이 변하면 유아가 이를 모두 본 후 같은 순서대로 네모를 하나씩 가리키도록 하였다. 거꾸로 가리키기 과제는 9개의 네모 칸 중 1초 간격으로 한 칸씩 색이 변하면 유아가 이를 모두 본 후 반대 순서로 네모를 하나씩 가리키도록 하였다. 네모의 개수는 2개에서 7개까지 늘어나며 각각 2회 시행하였다. 연구자는 각 시행별로 유아의 응답이 정답일 경우 마우스 왼쪽 버튼을, 오답일 경우 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 E-prime 프로그램에 유아의 반응을 기록하였고, 정답일 경우 1, 오답일 경우 0으로 점수화 하여 통계 분석에 이용하였다.



[그림 Ⅳ-3] 코시기억 과제 화면 예시

마지막으로, 유아의 청각 작업기억능력을 측정하기 위하여 숫자회상 과제(김지연, 백용매, 2007; 박윤현, 2021; 신민섭 등, 2010)를 이용하였다. 숫자회상과제는 두 가지 하위 과제(바로 따라 하기, 거꾸로 따라 하기)로 구성된다. 바로 따라 하기 과제는 연구자가 0부터 9까지의 숫자를 일정한 간격으로 불러주고 유아가 이를 그대로 따라 말하도록 하였다. 숫자의 폭은 2개부터 7개까지 늘어나며 각각 2회씩 시행하였다. 거꾸로 따라 하기 과제는 연구자가 0부터 9까지의 숫자를 일정한 간격으로 불러주고 유아가 이를 거꾸로 따라 말하도록 하였다. 숫자의 폭은 2개부터 7개까지 늘어나며 각각 2회씩 시행하였다. 연구자는 각 시행별로 유아의 응답이 정답일 경우 1, 오답일 경우 0으로 기록지에 기록하였다.

3. 연구 절차

1) 예비조사

본조사를 실시하기에 앞서, 연구 도구의 타당성과 실험 절차의 적절성을 확인하기 위하여 예비조사를 시행하였다. 예비조사는 서울대학교 생명윤리심의위원회(SNUIRB)의 검토와 심의를 통해 2022년 11월 연구 승인(IRB No. 2211/001-014)을 받은 이후, 2022년 12월 05일부터 12월 09일까지 5일 동안 서울지역의 유아교육기관 만 4세 반에 재원 중인 유아 10명을 대상으로 실시하였다. 예비조사를 통해 소근육운동 기술의 과제 수행 시 착용한 f-NIRS 기기의 실행 오류와 결과 분석 시 발생한 노이즈 관련 3가지 문제점을 확인하고 이를 개선하기 위한 방안을 마련하였다.

먼저, 유아가 f-NIRS 기기 착용 후 캘리브레이션 하는 과정에서 신호가 안정적으로 잡히지 않는 오류가 발생하였다. 그 원인이 유아의 머리카락에 의한 것임을 확인하고 기기 착용 시 앞머리가 있는 유아들은 남녀 모두 헤어핀으로 고정하여 머리카락이 이마와 기기 사이로 내려오지 않도록 하였다. 두 번째, 유아가 과제 수행 중 갑자기 말을 하거나 고개를 움직여 결과 분석 시 노이즈가 발생함을 확인하였다. 이를 개선하기 위하여 과제 수행 시간을 Task5, 손 기민성 과제의 제한 시간 15초에 맞추어 모든 과제에서 과제를 수행하는 Task 구간 15초, 움직이거나 말을 하지 않고 정면을 바라보고 있는 Rest 구간 15초로 설정하여, 측정 전 유아에게 15초가 어느 정도인지 인지시킨 후 Task 구간과 Rest 구간에는 움직이거나 이야기하지 않도록 다시 한 번 유의사항을 안내하고 반복적으로 전달하였다. 세 번째, 소근육운동 기술 과제 5가지 중 마지막 블록 실 꿰기 과제에서 유아가 실을 꿰는 작업을 할 때, 유독 고개를 숙이는 일이 잦고 블록을 떨어뜨려 주우려 하는 등의 돌발적인 행동이 많이 발생함을 확인하고 블록 실 꿰기 작업 시에는 책상의 높이를 조금 더 높게 조절하고 블록을 조금 뒤로 배치하여 시선을 멀리 이동시켜 고개가 급격히 아래로 향하거나 블록이 바닥으로 떨어지지 않도록 개선하였다.

그 밖에 과제 전체의 난이도가 5세 유아의 신체적, 인지적 발달 수준에 적합한지, 연구 참여 시간은 적절한지, 과제의 측정 순서는 수행 결과에 부정적인 영향을 미치지는 않는지 꼼꼼하게 확인하였다. 이러한 과정을 거쳐 연구자는 연구 도구의 타당성과 적절성을 반복 점검하고, 본조사를 위한 연구 설계 및 연구 도구를 확정하였다.

2) 본조사

본조사는 2022년 12월 12일부터 2023년 02월 20일까지 경기지역 유아교육기관 6곳에 다니는 5세 유아 107명과 그들의 부모 107명, 총 214명을 대상으로 자료를 수집하였다. 연구자는 유아의 부모에게 연구의 목적과 연구 방법 및 절차, 보상 등에 대하여 상세하게 전달하였고, 유아에게도 진행할 연구에 대하여 유아의 눈높이에 맞춰 쉽게 설명하였으며, 부모와 유아 모두 연구 참여에 동의한 경우에만 연구 대상자로 선정하였다. 유아 107명 중 데이터에 노이즈가 심한 경우와 우세손이 왼손 또는 양손인 경우, 뇌의 활용양상이 오른손을 주로 사용하는 대상과 차이가 있어 17명을 제외하였다(Willems et al., 2014). 이에 따라 전전두엽 피질의 활성화 관련 분석 시에는 유아 90명의 데이터가 사용되었고, 그 외의 분석에는 유아 107명과 유아의 부모 107명, 총 214명의 데이터가 이용되었다.

조사는 기관의 협조를 구하여 소음이 적고 유아들이 과제에 집중하기 적합한 곳, 소근육운동 기술 측정이 있는 날에는 f-NIRS 기기가 빛에 민감한 관계로 실험 장소의 조명이 LED가 아닌 형광등인 공간에서 연구자와 유아 1:1 면대면으로 측정이 진행되었다. 대면조사는 예비조사에서 30-40분 정도 소요되었기 때문에 계획대로 유아들의 집중시간을 고려하여 2회로 나눠 진행하였다. 연구에 참여한 모든 유아들은 이틀에 걸쳐 하루는 소근육운동 기술 검사와 실행기능의 시각/청각 작업기억능력 검사를 수행하였고, 다른 하루는 실행기능의 억제능력 검사와 주의전환능력 검사를 실시하였다.

4. 자료 분석

수집된 자료는 IBM SPSS 23.0과 OBELAB NIRSIT LITE Analysis Tool v3.2.5를 이용하여 통계 분석을 진행하였다.

연구문제 1) 가정 소근육운동 경험, 유아의 소근육운동 기술, 소근육운동 과제 수행 시 유아의 전전두엽 피질 활성화, 실행기능의 성차를 확인하기 위하여 t-test를 시행하였다.

연구문제 2) 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술의 설명력을 알아보기 위해 유아의 성별을 더미변환 후 통제변수로 투입하여 회귀분석을 실시하였다. Durbin-Watson 값으로 잔차의 독립성 여부를 판단하고, VIF(Variance Inflation Factor)지수로 다중공선성 문제는 없는지 확인하였다.

연구문제 3) 유아가 소근육운동 과제를 수행하는 동안 과제별 전전두엽에서 유의하게 활성화된 영역과 활성화 정도를 확인하기 위하여 분석 전 몇 가지 전처리 작업을 진행하였다. Low pass filter(DCT 0.1Hz)와 High pass filter(DCT 0.005Hz)를 통한 Signal Processing 단계를 거쳐 잡음을 제거하였고, 두뇌 활성의 기준 값은 안정 상태 구간의 자료를 Baseline으로 설정하여 수신기를 통해 전송되는 신호 중 신호 대 잡음비(Signal-to-noise ratio, SNR)가 30dB 미만인 채널은 분석에서 제외시켰다(전희정, 권용주, 2021; Delpy et al., 1988). 전처리 과정을 거친 개인별 데이터는 Task 구간과 Rest 구간을 구분하기 위하여 Marker 작업을 실시하였다. 그 다음, 일반선형모형(General Linear Model, GLM) 회귀계수 β값을 산출하여 소근육운동 기술의 과제별 관련성이 높은 영역을 확인하였으며, 각 과제별 유의미하게 활성화된 채널을 도출하기 위하여 독립표본 t-검정을 시행하였다.

마지막 연구문제 4) 유아의 소근육운동 기술의 과제 수행 점수와 소근육운동 과제 수행 시 유아의 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력을 알아보기 위해, 유아의 성별을 더미변환 후 통제변수로 투입하여 회귀분석을 실시하였다.

Ⅴ. 연구결과 및 해석

1. 가정 소근육운동 경험, 유아의 소근육운동 기술, 소근육은동 과제 수행 시 유아의 전전두엽 피질 활성화, 실행기능에 성차가 있는가?

1) 성별에 따른 가정 소근육운동 경험

유아의 성별에 따라 가정 소근육운동 경험이 차이가 있는지 살펴보기 위하여 t-검정을 시행하였다. 유아의 성별에 따른 가정 소근육운동 경험의 차이 분석 결과, 모든 하위 요인에서 여아가 남아보다 점수가 높은 것으로 나타나, 성별의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 확인되었다(표 V-1).

<표 V-1> 유아의 성별에 따른 가정 소근육운동 경험의 차이

구분	성별	*N*	*M*(*SD*)	*t*
소근육운동 경험 전체	남	54	3.64(.38)	**-4.50*** **
	여	53	4.01(.46)	
부모인식	남	54	4.01(.44)	**-2.90** **
	여	53	4.27(.47)	
가정환경	남	54	3.55(.47)	**-3.89** **
	여	53	3.94(.56)	
운동빈도	남	54	3.37(.47)	**-4.60*** **
	여	53	3.83(.57)	

** $p < .01$, *** $p < .001$

2) 성별에 따른 유아의 소근육운동 기술

유아의 성별에 따라 소근육운동 기술이 차이가 있는지 살펴보기 위하여 t-검정을 시행하였다. 유아의 성별에 따른 소근육운동 기술의 차이 분석 결과, 모든 하위 요인에서 여아가 남아보다 과제 수행 점수가 높았으며, 손 기민성을 제외한 정밀성과 통합 요인, 그리고 소근육운동 기술 전체 점수에서 성별의 차이가 유의한 것으로 확인되었다(표 V-2).

<표 V-2> 유아의 성별에 따른 소근육운동 기술의 차이

구분	성별	*N*	*M*(*SD*)	*t*
소근육운동 기술 전체	남	54	4.35(1.01)	**-5.87*** **
	여	53	5.57(1.13)	
정밀성	남	54	5.28(1.41)	**-6.41*** **
	여	53	7.00(1.37)	
통합	남	54	5.22(1.86)	**-5.13*** **
	여	53	7.00(1.72)	
손 기민성	남	54	2.56(1.11)	-.82
	여	53	2.72(.93)	

***$p < .001$

3) 성별에 따른 소근육운동 과제 수행 시 유아의 전전두엽 피질 활성화

유아의 성별에 따라 소근육운동 과제 수행 시 전전두엽 피질의 활성화에 차이가 있는지 살펴보기 위하여 t-검정을 시행하였다. 유아의 성별에 따른 소근육운동 과제 수행 시 전전두엽 피질 활성화의 차이 분석 결과, 여아가 남아보다 활성화 수치가 높아 성별의 차이가 유의한 것으로 확인되었다(표 V-3).

<표 V-3> 유아의 성별에 따른 전전두엽 피질 활성화의 차이

구분	성별	*N*	*M*(*SD*)	*t*
전전두엽 피질 활성화	남	47	1.58(3.55)	**−2.45***
	여	43	3.36(3.32)	

*p < .05

4) 성별에 따른 유아의 실행기능

유아의 성별에 따라 실행기능이 차이가 있는지 살펴보기 위하여 t-검정을 시행하였다. 유아의 성별에 따른 실행기능의 차이 분석 결과, 모든 하위 요인에서 여아가 남아보다 과제 수행 점수가 높았으나, 억제능력과 실행기능 전체 점수에서만 성별의 차이가 유의한 것으로 확인되었다(표 V-4).

<표 V-4> 유아의 성별에 따른 실행기능의 차이

구분	성별	*N*	*M*(*SD*)	*t*
실행기능 전체	남	54	22.18(3.32)	**−2.17***
	여	53	23.48(2.87)	
억제능력	남	54	48.54(6.19)	**−2.60***
	여	53	51.17(4.03)	
주의전환능력	남	54	24.93(6.02)	−1.01
	여	53	26.11(6.16)	
시각 작업기억능력	남	54	8.43(2.67)	−.97
	여	53	8.91(2.43)	
청각 작업기억능력	남	54	6.82(2.56)	−1.92
	여	53	7.74(2.40)	

*p < .05

정리하면, 유아의 성별에 따라 가정 소근육운동 경험, 유아의 소근육운동 기술, 소근육운동 과제 수행 시 유아의 전전두엽 피질 활성화, 실행기능에 차이가 있는지 분석한 결과, 부모가 직접 설문을 통해 작성한 가정 소근육운동 경험은 여아의 부모가 자녀의 소근육 발달과 소근육운동 경험에 대한 인식이 높았고, 가정환경도 자녀가 소근육운동을 경험할 수 있도록 더 잘 갖추고 있었으며, 가정에서의 소근육운동 빈도 역시 여아가 남아보다 유의하게 높은 것으로 확인되었다. 유아를 직접 측정한 소근육운동 기술의 과제 수행에서도 손 기민성을 제외한 나머지 하위 요인에서 여아가 남아보다 유의하게 점수가 높은 것으로 나타났다. 소근육운동 과제 수행 시, 유아의 전전두엽 피질 활성화를 측정한 결과 역시 여아가 남아보다 활성화 수치가 높은 것을 확인할 수 있다.

반면, 유아를 직접 측정한 실행기능의 과제 수행에서는 모든 하위 요인에서 여아가 남아보다 점수가 높은 것으로 나타났으나, 실행기능의 억제능력과 실행기능 전체 점수에서만 성별의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 확인되었다. 이에 따라 유아의 소근육운동 기술의 손 기민성을 제외한 나머지 요인들, 실행기능의 억제능력과 전체 요인은 성별의 영향을 받음으로 분석 시, 성별의 영향력을 통제할 필요가 있다.

2. 유아의 소근육운동 기술이 유아의 실행기능을 예측할 수 있는가?

유아 소근육운동 기술의 과제 수행 점수가 유아의 실행기능을 예측할 수 있는지 살펴보기 위해 유아의 성별을 더미변환 후 회귀분석을 실시하였다.

1) 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술의 설명력

유아의 소근육운동 기술이 실행기능을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=11.86, p<.001), 회귀모형의 설명력은 19%로 나타났다(R^2=.19). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.798로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=.01, p>.05)은 유의하지 않았고, 유아의 소근육운동 기술 전체 점수(β=.44 p<.001)는 실행기능 전체 점수에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 유아의 소근육운동 기술이 전체적으로 우수한 유아가 실행기능 역시 전체적으로 우수하며, 유아의 실행기능 향상에 소근육운동 기술이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-5).

<표 V-5> 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	69.04		11.43***		
유아의 성별	.23	.01	.09	**.19**	**11.86*** **
소근육운동 기술 전체	**1.49**	**.44**	**4.27*** **		

***p < .001

2) 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

유아 소근육운동 기술의 하위요인들이 실행기능을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=6.95, p<.001), 회귀모형의 설명력은 21%로 나타났다(R^2=.21, $_{adj}$ R^2=.18). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.749로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.184-1.792, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.06, p>.05)은 유의하지 않았고, 유아의 손 기민성(β=.29, p<.01)만이 실행기능 전체 점수에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 소근육운동 기술의 손 기민성이 우수한 유아가 실행기능 역시 전체적으로 우수하며, 유아의 실행기능 향상에 소근육운동 기술의 손 기민성이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-6).

<표 V-6> 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}$ R^2	F
절편		71.43		11.39***			
유아의 성별		-1.47	-.06	-.54			
소근육운동 기술	정밀성	.65	.08	.71	**.21**	**.18**	**6.95*****
	통합	1.15	.18	1.65			
	손 기민성	**3.64**	**.29**	**3.08****			

**p < .01, ***p < .001

3) 유아의 억제능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력

유아의 소근육운동 기술이 실행기능의 억제능력을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통

계적으로 유의하였으며(F=7.46, p<.001), 회귀모형의 설명력은 13%로 나타났다(R^2=.13). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.730으로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.10, p>.05)은 유의하지 않았고, 유아의 소근육운동 기술 전체 점수(β=.29 p<.01)는 실행기능의 억제능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 유아의 소근육운동 기술이 전체적으로 우수한 유아가 실행기능의 억제능력이 우수하며, 유아의 억제능력 향상에 소근육운동 기술이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-7).

<표 V-7> 유아의 억제능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	44.03		16.55***		
유아의 성별	-1.07	-.10	-.95	**.13**	**7.46*** **
소근육운동 기술 전체	**.43**	**.29**	**2.78** **		

**p < .01, ***p < .001

4) 유아의 억제능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

유아 소근육운동 기술의 하위요인들이 실행기능의 억제능력을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=4.25, p<.01), 회귀모형의 설명력은 14%로 나타났다(R^2=.14, $_{adj}$ R^2=.11). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.706으로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.184-1.792, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β

=-.15, p>.05)은 유의하지 않았고, 유아의 손 기민성(β=.21, p<.05)만이 실행기능의 억제능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 소근육운동 기술의 손 기민성이 우수한 유아가 실행기능의 억제능력이 우수하며, 유아의 억제능력 향상에 소근육운동 기술의 손 기민성이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-8).

<표 V-8> 유아의 억제능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}R^2$	F
절편		45.04		16.17***			
유아의 성별		-1.65	-.15	-1.37			
소근육운동 기술	정밀성	.03	.01	.08	**.14**	**.11**	**4.25****
	통합	.42	.16	1.36			
	손 기민성	**1.08**	**.21**	**2.07***			

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

5) 유아의 주의전환능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력

유아의 소근육운동 기술이 실행기능의 주의전환능력을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=9.58, p<.01), 회귀모형의 설명력은 8%로 나타났다(R^2=.08). 한편, 잔차의 독립성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.942로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 유아의 소근육운동 기술 전체 점수(β=.29, p<.01)가 실행기능의 주의전환능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 소근육운동 기술이 전체적으로 우수한 유아가 실행기능의 주의전환능력도 우수하며, 유아의 주의전환능력 향상에 소근육운동 기술이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-9).

<표 V-9> 유아의 주의전환능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	18.44		7.83***	.08	9.58**
소근육운동 기술 전체	**.48**	**.29**	**3.10****		

**p < .01, ***p < .001

6) 유아의 주의전환능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

유아 소근육운동 기술의 하위요인들이 실행기능의 주의전환능력을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=4.13, p<.01), 회귀모형의 설명력은 11%로 나타났다(R^2=.11, $_{adj}$ R^2=.08). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.909로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.154-1.503, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 유아의 손 기민성(β=.23, p<.05)만이 실행기능의 주의전환능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 소근육운동 기술의 손 기민성이 우수한 유아가 실행기능의 주의전환능력이 우수하며, 유아의 주의전환능력 향상에 소근육운동 기술의 손 기민성이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-10).

<표 V-10> 유아의 주의전환능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}R^2$	F
절편		18.49		7.69***			
소근육운동 기술	정밀성	.10	.03	.22	**.11**	**.08**	**4.13****
	통합	.46	.15	1.32			
	손 기민성	**1.39**	**.23**	**2.33***			

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

7) 유아의 시각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력

유아의 소근육운동 기술이 실행기능의 시각 작업기억능력을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=13.25, p<.001), 회귀모형의 설명력은 11%로 나타났다(R^2=.11). 한편, 잔차의 독립성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.529로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 유아의 소근육운동 기술 전체 점수(β=.34, p<.001)가 실행기능의 시각 작업기억능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 소근육운동 기술이 전체적으로 우수한 유아가 실행기능의 시각 작업기억능력도 우수하며, 유아의 시각 작업기억능력 향상에 소근육운동 기술이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-11).

<표 V-11> 유아의 시각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	5.23		5.37***	**.11**	**13.25*****
소근육운동 기술 전체	**.23**	**.34**	**3.64*****		

***p < .001

8) 유아의 시각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

유아의 소근육운동 기술의 하위요인들이 실행기능의 시각 작업기억능력을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=5.46, p<.01), 회귀모형의 설명력은 14%로 나타났다(R^2=.14, $_{adj}$ R^2=.11). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.503으로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.154-1.503, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 유아의 손 기민성(β=.25, p<.05)만이 실행기능의 시각 작업기억능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 소근육운동 기술의 손 기민성이 우수한 유아가 실행기능의 시각 작업기억능력이 우수하며, 유아의 시각 작업기억능력 향상에 소근육운동 기술의 손 기민성이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-12).

<표 V-12> 유아의 시각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}$ R^2	F
절편		5.23		5.26***			
소근육운동 기술	정밀성	.08	.05	.46	**.14**	**.11**	**5.46****
	통합	.21	.16	1.46			
	손 기민성	**.63**	**.25**	**2.57***			

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

9) 유아의 청각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력

유아의 소근육운동 기술이 실행기능의 청각 작업기억능력을 예측할

수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=19.07, p<.001), 회귀모형의 설명력은 15%로 나타났다(R^2=.15). 한편, 잔차의 독립성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.779로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 유아의 소근육운동 기술 전체 점수(β =.39, p<.001)가 실행기능의 청각 작업기억능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 소근육운동 기술이 전체적으로 우수한 유아가 실행기능의 청각 작업기억능력이 우수하며, 유아의 청각 작업기억능력 향상에 소근육운동 기술이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-13).

<표 V-13> 유아의 청각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	3.31		3.53***	**.15**	**19.07*** **
소근육운동 기술 전체	**.27**	**.39**	**4.37*** **		

***p < .001

10) 유아의 청각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

유아 소근육운동 기술의 하위요인들이 실행기능의 청각 작업기억 능력을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=7.64, p<.001), 회귀모형의 설명력은 18%로 나타났다(R^2=.18, $_{adj}$ R^2=.16). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.817로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.154-1.503, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 유아의 소근육운동 정밀성(β=.27, p<.05)과 손 기민성(β=.22, p<.05)이 실행기능의 청각 작업기억능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 소근육운동 기술의 소근육운동 정밀성과 손 기민성이 우수한 유아가 실행기능의 청각 작업기억능력이 우수하며, 유아의 청각 작업기억능력 향상에 소근육운동 기술의 정밀성과 손 기민성이 기여한다는 것을 알 수 있다(표 V-14).

<표 V-14> 유아의 청각 작업기억능력에 대한 소근육운동 기술 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}R^2$	F
절편		2.96		3.11**			
소근육운동 기술	**정밀성**	**.42**	**.27**	**2.47***	**.18**	**.16**	**7.64*** **
	통합	.05	.04	.38			
	손 기민성	**.55**	**.22**	**2.33***			

*p < .05, **p < .01, ***p < .001

정리하면, 유아의 소근육운동 기술이 유아의 실행기능을 예측할 수 있는지 분석한 결과, 소근육운동 기술과 그 하위요인인 손 기민성은 실행기능의 모든 하위 요인들에 대한 유의한 설명력을 갖고 있었고, 소근육운동 정밀성은 실행기능의 청각 작업기억능력에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 작은 물체를 빠르고 능숙하게 조작하는 손 기민성은 실행기능 향상에 효과적일 수 있고, 소근육을 이용하여 정교하고 치밀한 작업을 수행하는 소근육운동 정밀성은 실행기능의 청각 작업기억능력 향상에 도움을 줄 수 있다. 반면, 시각적인 정보를 손으로 구현해 내는 소근육운동 통합은 실행기능에 대한 유의한 설명력을 갖지 못하였다. 이처럼 소근육운동의 손 기민성과 운동 정밀성만이 실행기능에 영향을 미칠 수 있었던 것은 이 두 기술이 운동 통합보다 더 높은 인지적 요구를 갖는 것으로, 복잡하고 숙련된 운동기술일수록 인지기능과 더 강한 관계를 보이며, 더 높은 수준의 인지기능이 필요하다는 선행연구들(Best & Miller, 2010; van der Fels et al., 2015)의 결과를 지지한다.

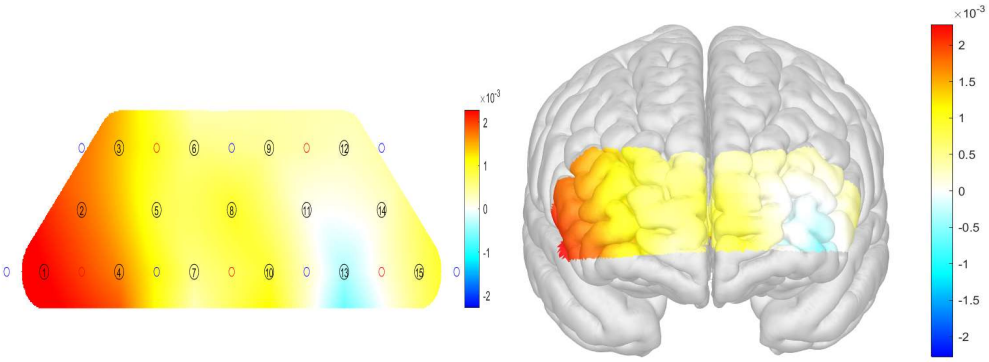
3. 소근육운동 기술 과제 수행은 전전두엽의 어떤 영역을 활성화 시키는가?

소근육운동 기술 과제 수행 시, 과제별 전전두엽의 활성화된 영역을 확인하기 위하여 유아가 별 색칠하기(Task1), 굽은 길 따라 선 긋기(Task2), 겹쳐진 원 보고 따라 그리기(Task3), 다이아몬드 보고 따라 그리기(Task4), 블록 실 꿰기(Task5)를 수행하는 동안 실시간으로 전전두엽의 15개 채널 활성도를 측정하였다. 데이터 분석 결과, Task1에서는 채널 1(t=3.31, p<.001)과 채널 2(t=4.10, p<.001), Task2에서는 채널 1(t=4.72, p<.001), Task3에서도 채널 1(t=4.95, p<.001), Task4에서는 채널 1(t=3.70, p<.001)과 채널 2(t=2.66, p<.01), Task5에서는 채널 1(t=5.87, p<.001)과 채널 10(t=5.31, p<.001)이 유의하게 활성화되었다(표 V-15).

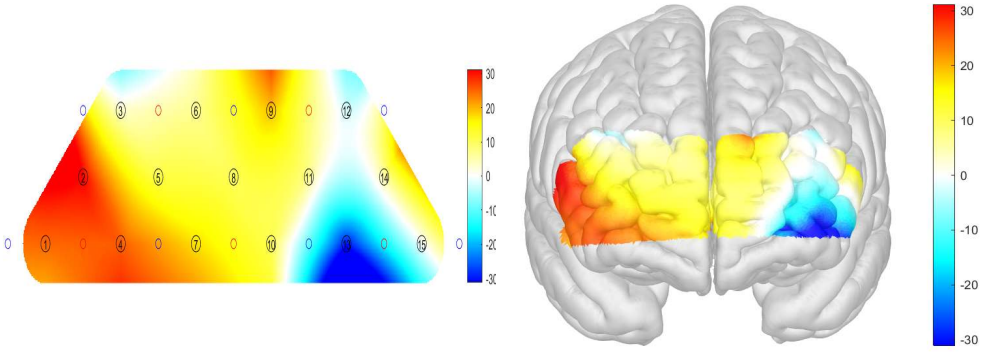
<표 V-15> 소근육운동 기술의 과제별 전전두엽의 활성화 영역

과제		활성화 영역	채널 (BA)	위치	t
운동 정밀성	Task1	배외측 전전두엽 피질 (Dorsolateral Prefrontal Cortex)	1 (46)	R	**3.31*****
		전방 전전두엽 피질 (Anterior Prefrontal Cortex)	2 (10)	R	**4.10*****
	Task2	배외측 전전두엽 피질 (Dorsolateral Prefrontal Cortex)	1 (46)	R	**4.72*****
운동 통합	Task3	배외측 전전두엽 피질 (Dorsolateral Prefrontal Cortex)	1 (46)	R	**4.95*****
	Task4	배외측 전전두엽 피질 (Dorsolateral Prefrontal Cortex)	1 (46)	R	**3.70*****
		전방 전전두엽 피질 (Anterior Prefrontal Cortex)	2 (10)	R	**2.66****
손 기민성	Task5	배외측 전전두엽 피질 (Dorsolateral Prefrontal Cortex)	1 (46)	R	**5.87*****
		전방 전전두엽 피질 (Anterior Prefrontal Cortex)	10 (10)	L	**5.31*****

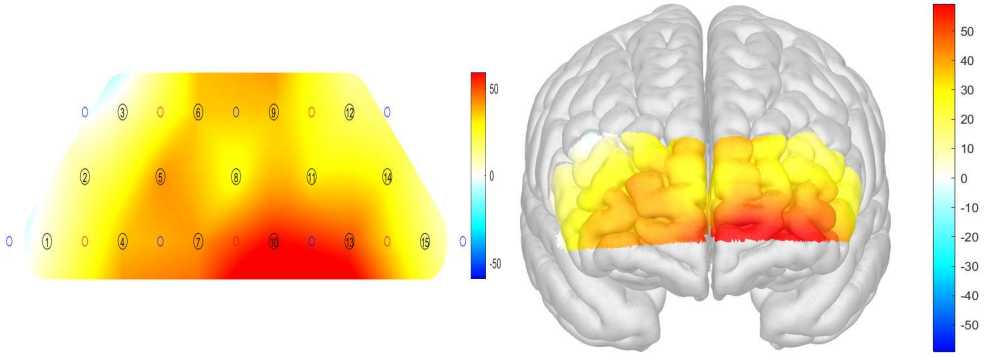
**p < .01, ***p < .001



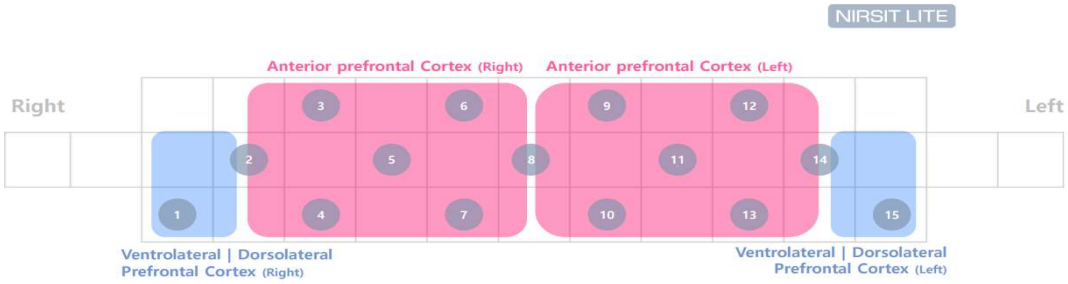
[그림 V-1] 채널 1(R) 부분의 활성화



[그림 V-2] 채널 2(R) 부분의 활성화



[그림 V-3] 채널 10(L) 부분의 활성화



[그림 V-4] 15개 채널과 브로드만 영역의 분포(OBELAB)

소근육운동 과제 수행 시 과제 유형별로 활성화된 전전두엽의 영역을 자세히 살펴보면, Task1의 별 색칠하기와 Task2의 굽은 길 따라 선 긋기는 소근육운동 정밀성 기술을 측정하는 과제로, 이 과제 수행 시 채널 1, 배외측 전전두엽 피질과 채널 2, 전방 전전두엽 피질이 유의하게 활성화 되었다. 즉, 손끝의 힘을 이용한 꼼꼼하고 정밀한 작업 수행은 실행기능과 관련 있는 전전두엽 피질을 활성화시킨다.

Task3의 겹쳐진 원 보고 따라 그리기와 Task4의 다이아몬드 보고 따라 그리기는 소근육운동 통합 기술을 측정하는 과제로, 채널 1, 배외측 전전두엽 피질과 채널 2, 전방 전전두엽 피질이 유의하게 활성화 되었다. 즉, 시각적인 정보를 손으로 구현해 내는 보고 따라 그리기 활동은 실행기능과 관련 있는 전전두엽 피질을 활성화시킨다.

마지막으로, Task5의 블록 실 꿰기는 손 기민성 기술을 측정하는 과제로, 채널1, 배외측 전전두엽 피질과 채널 10, 전방 전전두엽 피질이 유의하게 활성화 되었다. 즉, 두 손으로 작은 물체를 빠르게 조작하는 활동은 실행기능과 관련 있는 전전두엽 피질을 활성화시킨다.

정리하면, 소근육운동 기술의 정밀성, 통합, 손 기민성 과제 유형별로 배외측 전전두엽 피질과 전방 전전두엽 피질이 유의하게 활성화되었다. 여기서 배외측 전전두엽 피질은 전전두엽 피질 내에서 운동 제어 및 행동을 위한 중앙 통합 기능을 가지고 있다. 특히 브로드만 영역 46에 위치한 배외측 전전두엽 피질은 전운동피질, 보조운동영역, 소뇌 및 기저핵과 같은 여러 다른 운동 영역에 대한 다양한 신경 연결을 가지고 있으며 (Hasan et al., 2013), 작업기억과 주의집중에 중요한 역할을 하고 목표지

향적 행동에 관여하는 것으로 알려져 있다(Mars & Grol, 2007). 한편 브로드만 영역 10의 전방 전전두엽 피질은 높은 수준의 인지 작업 중에 활성화되며, 여러 인지 작업 간 정보 처리 및 정보 전달 조정의 중요한 역할을 한다(Owen & Ramnani, 2004). 전방 전전두엽 피질은 배외측 전전두엽 피질과 밀접하게 관련되어 있으며(Peng et al., 2018), 두 영역 모두 실행기능과 관련이 있는 전전두엽 피질이다. 그러나 이 연구에서는 소근육운동 기술의 5가지 과제에서 공통적으로 활성화된 배외측 전전두엽 피질의 활성화 수치를 분석에 이용하였다.

4. 가정 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 예측할 수 있는가?

가정 소근육운동 경험의 부모인식, 가정환경, 운동빈도가 소근육운동 기술의 과제 수행 점수와 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화를 예측할 수 있는지 살펴보기 위해 유아의 성별을 더미변환 후 회귀분석을 실시하였다.

1) 유아의 소근육운동 기술에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

(1) 가정 소근육운동 경험의 설명력

가정 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=19.69, p<.001), 회귀모형의 설명력은 28%로 나타났다(R^2=.28). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 2.005로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.43, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험 전체 점수(β=.18 p<.05)는 소근육운동 기술 전체 점수에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 가정 소근육운동 경험 점수가 전체적으로 높은 유아가 소근육운동 기술도 전체적으로 우수한 것을 알 수 있으며, 유아의 소근육운동 기술 향상을 위해서는 가정에서의 소근육운동 경험이 도움이 될 수 있다(표 V-16).

<표 V-16> 유아의 소근육운동 기술에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	10.91		3.68***		
유아의 성별	-3.13	-.43	-4.65***		
가정 소근육운동 경험 전체	**1.45**	**.18**	**1.98***	**.28**	**19.69*** **

*p < .05, ***p < .001

(2) 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

가정 소근육운동 경험의 하위요인들이 유아의 소근육운동 기술을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=9.84, p<.001), 회귀모형의 설명력은 28%로 나타났다(R^2=.28, $_{adj}$ R^2=.25). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 2.007로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.208-2.852, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.42, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험의 하위요인들 부모인식(β=.01, p>.05), 가정환경(β=.15, p>.05), 운동빈도(β=.05, p>.05) 모두 유의하지 않아 가정 소근육운동 경험 하위요인들 모두 유아의 소근육운동 기술 전체 점수에 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 확인되었다(표 V-17).

<표 V-17> 유아의 소근육운동 기술에 대한 가정 소근육운동 경험 하위 요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}R^2$	F
절편		11.41		3.61***			
성별		-3.12	-.42	-4.58***			
가정 소근육운동 경험	부모인식	.05	.01	.06	.28	.25	**9.84*** **
	가정환경	1.00	.15	1.11			
	운동빈도	.30	.05	.33			

***p < .001

(3) 부모인식의 설명력

가정 소근육운동 경험의 부모인식이 소근육운동 기술을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=17.93, p<.001), 회귀모형의 설명력은 26%로 나타났다(R^2=.26). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.968로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.47, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험의 부모인식(β=.10 p>.05)은 유아의 소근육운동 기술 전체 점수에 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 확인되었다(표 V-18).

<표 V-18> 유아의 소근육운동 기술에 대한 부모인식의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	13.40		4.51***		
유아의 성별	-3.46	-.47	-5.35***	.26	**17.93*** **
부모인식	.78	.10	1.13		

***p < .001

(4) 가정환경의 설명력

가정 소근육운동 경험의 가정환경이 소근육운동 기술을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=19.96, p<.001), 회귀모형의 설명력은 28%로 나타났다(R^2=.28). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 2.002로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.43, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험의 가정환경(β=.19 p<.05)은 유아의 소근육운동 기술 전체 점수에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 가정 소근육운동 경험의 가정환경 점수가 높은 유아가 소근육운동 기술이 전체적으로 우수한 것을 알 수 있으며, 유아의 소근육운동 기술 향상을 위해서는 유아가 소근육운동을 다양하게 접할 수 있도록 가정환경을 적절하게 조성하는 것이 도움이 될 수 있다(표 V-19).

<표 V-19> 유아의 소근육운동 기술에 대한 가정환경의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	11.82		4.94***		
유아의 성별	-3.18	-.43	-4.84***	**.28**	**19.96*** **
가정환경	**1.24**	**.19**	**2.08***		

*p < .05, ***p < .001

(5) 운동빈도의 설명력

가정 소근육운동 경험의 운동빈도가 소근육운동 기술을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=19.16, p<.001), 회귀모형의 설명력은 27%로 나타났다(R^2=.27). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과,

Durbin-Watson 통계량은 1.998로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.43, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험의 운동빈도(β=.16 p>.05)는 유아의 소근육운동 기술 전체 점수에 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 확인되었다(표 V-20).

<표 V-20> 유아의 소근육운동 기술에 대한 운동빈도의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	12.67		5.43***	.27	**19.16*** **
유아의 성별	-3.17	-.43	-4.69***		
운동빈도	1.06	.16	1.77		

***p < .001

2) 유아 소근육운동 기술의 하위요인에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

(1) 유아의 소근육운동 정밀성에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

가정 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 정밀성을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=21.36, p<.001), 회귀모형의 설명력은 29%로 나타났다(R^2=.29). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.924로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.49, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험 전체 점수(β=.11

p>.05)는 유아의 소근육운동 정밀성 기술에 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 확인되었다(표 V-21).

<표 V-21> 유아의 소근육운동 정밀성에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	5.45		4.22***	.29	**21.36*** **
유아의 성별	-1.58	-.49	-5.39***		
가정 소근육운동 경험 전체	.39	.11	1.21		

***p < .001

(2) 유아의 소근육운동 정밀성에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

가정 소근육운동 경험의 하위요인들이 유아의 소근육운동 정밀성을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=10.51, p<.001), 회귀모형의 설명력은 29%로 나타났다(R^2=.29, $_{adj}$ R^2=.26). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.929로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.208-2.852, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.48, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험의 하위요인들 부모인식(β=.02, p>.05), 가정환경(β=.01, p>.05), 운동빈도(β=.09, p>.05) 모두 유의하지 않아 가정 소근육운동 경험 하위요인들 모두 유아의 소근육운동 정밀성 기술에 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 확인되었다(표 V-22).

<표 V-22> 유아의 소근육운동 정밀성에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}R^2$	F
절편		5.54		4.01***			
성별		-1.57	-.48	-5.27***			
가정 소근육운동 경험	부모인식	.08	.02	.21	.29	.26	**10.51*** **
	가정환경	.04	.01	.10			
	운동빈도	.26	.09	.64			

***p < .001

(3) 유아의 소근육운동 통합에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

가정 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 통합을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=14.49, p<.001), 회귀모형의 설명력은 22%로 나타났다(R^2=.22). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.975로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.39, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험의 전체 점수(β=.14 p>.05)는 유아의 소근육운동 통합 기술에 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 확인되었다(표 V-23).

<표 V-23> 유아의 소근육운동 통합에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	4.50		2.71**		
유아의 성별	-1.55	-.39	-4.11***	.22	**14.49*** **
가정 소근육운동 경험 전체	.62	.14	1.53		

**p < .01, ***p < .001

(4) 유아의 소근육운동 통합에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

가정 소근육운동 경험의 하위요인들이 유아의 소근육운동 통합을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=7.47, p<.001), 회귀모형의 설명력은 23%로 나타났다(R^2=.23, $_{adj}$ R^2=.20). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.986로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.208-2.852, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.40, p<.001)은 유의하였고, 가정 소근육운동 경험의 하위요인들 부모인식(β=.07, p>.05), 가정환경(β=.19, p>.05), 운동빈도(β=-.09 p>.05) 모두 유의하지 않아 가정 소근육운동 경험 하위요인들 모두 유아의 소근육운동 통합 기술에 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 확인되었다(표 V-24).

<표 V-24> 유아의 소근육운동 통합에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}$ R^2	F
절편		4.29		2.42*			
성별		-1.58	-.40	-4.17***			
가정 소근육운동 경험	부모인식	.30	.07	.65	.23	.20	**7.47*** **
	가정환경	.67	.19	1.33			
	운동빈도	-.31	-.09	-.60			

*p < .05, ***p < .001

(5) 유아의 손 기민성에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

가정 소근육운동 경험이 유아의 손 기민성을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=4.27, p<.05), 회귀모형의 설명력은 4%로 나타났다(R^2=.04). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.810으로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 가정 소근육운동 경험 전체 점수(β=.20 p<.05)는 유아의 손 기민성에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 가정 소근육운동 경험 점수가 전체적으로 높은 유아가 소근육운동 기술의 손 기민성이 우수한 것을 알 수 있으며, 유아의 손 기민성 기술 향상을 위해서는 가정에서의 소근육운동 경험이 도움이 될 수 있다(표 V-25).

<표 V-25> 유아의 손 기민성에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	.96		1.18	.04	4.27*
가정 소근육운동 경험 전체	**.44**	**.20**	**2.07***		

*p < .05

(6) 유아의 손 기민성에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

가정 소근육운동 경험의 하위요인들이 유아의 손 기민성을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하지 않은 것(F=2.67, p>.05)으로 확인되었다(표 V-26).

<표 V-26> 유아의 손 기민성에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}R^2$	F
절편		1.65		1.86	.07	.05	2.67
가정 소근육운동 경험	부모인식	-.32	-.15	-1.27			
	가정환경	.29	.15	1.02			
	운동빈도	.35	.19	1.23			

(7) 유아의 손 기민성에 대한 부모인식의 설명력

가정 소근육운동 경험의 부모인식이 유아의 손 기민성을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하지 않은 것(F=.19, p>.05)으로 확인되었다(표 V-27).

<표 V-27> 유아의 손 기민성에 대한 부모인식의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	2.25		2.56*	.00	.19
부모인식	.09	.04	.44		

(8) 유아의 손 기민성에 대한 가정환경의 설명력

가정 소근육운동 경험의 가정환경이 유아의 손 기민성을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=5.59, p<.05), 회귀모형의 설명력은 5%로 나타났다(R^2=.05). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.802로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 가정 소근육운동 경험의 가정환경(β =.23 p<.05)은 유아의 손 기민성에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 가정 소근육운동 경험의 가정환경 점수가 높은 유아가 손 기민성이 우수한 것을 알 수 있으며, 유아의 손 기민성 기술 향상을 위해서는 유아가 소근육운동을 다양하게 접할 수 있도록 가정환경을 적절하게 조성하는 것이 도움이 될 수 있다(표 V-28).

<표 V-28> 유아의 손 기민성에 대한 가정환경의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	1.08		1.62	**.05**	**5.59***
가정환경	**.42**	**.23**	**2.36***		

*p < .05

(9) 유아의 손 기민성에 대한 운동빈도의 설명력

가정 소근육운동 경험의 운동빈도가 유아의 손 기민성을 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=5.73, p<.05), 회귀모형의 설명력은 5%로 나타났다(R^2=.05). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 1.829로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 가정 소근육운동 경험의 운동빈도(β =.23 p<.05)는 유아의 손 기민성에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 가정 소근육운동 경험의 운동빈도가 높은 유아가 손 기민성이 우수한 것을 알 수 있으며, 유아의 손 기민성 기술 향상을 위해서는 유아가 가정에서 소근육운동을 많이 하여 그 빈도를 늘리는 것이 도움이 될 수 있다(표 V-29).

<표 V-29> 유아의 손 기민성에 대한 운동빈도의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	1.16		1.87	**.05**	**5.73***
운동빈도	**.41**	**.23**	**2.39***		

*p < .05

정리하면, 가정 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 예측할 수 있는지 살펴본 결과, 가정 소근육운동 경험과 그 하위요인인 가정환경은 유아 소근육운동 기술 전체에 유의한 설명력을 갖고 있었고, 가정 소근육운동 경험과 그 하위요인인 가정환경과 운동빈도는 손 기민성에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 부모가 자녀의 소근육발달과 소근육운동 경험에 관심을 갖고 자녀가 일상생활에서 혹은 놀이를 하는 상황에서 소근육을 많이 사용할 수 있도록 관련 도구나 재료를 준비하고, 공간을 효과적으로 구성한다면 그 환경에서 유아는 틈틈이 소근육 활동을 하게 될 것이고, 소근육운동 빈도의 증가는 복잡하고 숙련된 손 기민성 기술 습득에 기여할 수 있다. 반면, 가정 소근육운동 경험의 부모인식은 손 기민성을 설명하지 못하였는데, 이는 손 기민성이 연습 및 반복적인 훈련을 통해 개발되는 기술로서(Wang et al., 2018), 부모의 인식보다는 유아가 직접 소근육을 이용하여 활동할 수 있는 환경과 운동빈도가 손 기민성 향상에 효과적일 수 있음을 보여준다.

한편, 가정 소근육운동 경험이 손 기민성에는 유의한 설명력을 가졌지만, 운동 정밀성과 운동 통합에는 그렇지 않았다. 이러한 결과를 통해 가정에서의 일상 소근육 활동과 놀이를 통한 소근육운동은 미세 운동 제어 능력보다는 손 협응 능력에 도움이 된다는 것을 알 수 있다.

3) 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

(1) 가정 소근육운동 경험의 설명력

가정 소근육운동 경험이 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화를 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=4.70, p<.05), 회귀모형의 설명력은 10%로 나타났다(R^2=.10). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 2.277로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.18, p>.05)은 유의하지 않았고, 가정 소근육운동 경험 전체 점수(β=.20, p>.05)는 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 확인되었다(표 V-30).

<표 V-30> 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정 소근육운동 경험의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	-3.06		-.85	.10	**4.70***
유아의 성별	-1.25	-.18	-1.61		
가정 소근육운동 경험 전체	1.64	.20	1.81		

*p < .05

(2) 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

가정 소근육운동 경험의 하위요인들이 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화를 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여

다중회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=3.97, p<.01), 회귀모형의 설명력은 16%로 나타났다(R^2=.16, $_{adj}$ R^2=.12). 한편, 잔차의 독립성과 다중공선성 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 2.437로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없었고, 분산팽창지수(VIF)도 값이 1.201-2.379, 10 미만으로 작아 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.17, p>.05)은 유의하지 않았고, 가정 소근육운동 경험의 하위요인들 부모인식(β=.23, p>.05), 가정환경(β=-.23, p>.05), 운동빈도(β=.27, p>.05) 모두 유의하지 않았으나, 부모인식은 유의확률이 .06, 운동빈도는 .08로 유의수준 .05에 가깝게 나온 결과를 보았을 때, 가정 소근육운동 경험에 대한 부모인식 수준이 높을수록, 유아의 소근육운동 빈도가 높을수록 소근육운동 과제 수행 시, 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 약하지만 설명력을 가질 수 있음을 유추할 수 있다(표 V-31).

<표 V-31> 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정 소근육운동 경험 하위요인의 설명력

구분		B	β	t	R^2	$_{adj}$ R^2	F
절편		-4.61		-1.25			
성별		-1.20	-.17	-1.57			
가정 소근육운동 경험	부모인식	1.75	.23	1.91	.16	.12	**3.97****
	가정환경	-1.60	-.23	-1.60			
	운동빈도	1.82	.27	1.77			

**p < .01

(3) 부모인식의 설명력

가정 소근육운동 경험에 대한 부모인식이 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화를 예측할 수 있는지 살펴보기 위하

여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=6.02, p<.01), 회귀모형의 설명력은 12%로 나타났다(R^2=.12). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 2.374로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.20, p>.05)은 유의하지 않았고, 가정 소근육운동 경험에 대한 부모인식(β=.25, p<.05)은 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 가정 소근육운동 경험의 부모인식 점수가 높은 유아가 소근육운동 과제 수행 시 배외측 전전두엽의 활성화 수치가 높았으며, 배외측 전전두엽 피질에서 활성화가 일어나기 위해서는 관련 영역을 자극할 수 있는 다양한 소근육운동을 수행하는 것이 필요하므로, 이때 부모가 가정에서 경험하는 소근육운동에 대한 중요성을 인지하고 있는 것이 도움이 될 수 있다(표 V-32).

<표 V-32> 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 부모인식의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	-4.60		-1.37		
유아의 성별	-1.43	-.20	-1.98	**.12**	**6.02****
부모인식	**1.91**	**.25**	**2.40***		

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

(4) 가정환경의 설명력

가정 소근육운동 경험의 가정환경이 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화를 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 본 회귀모형은 통계적으로 유의하지 않은 것(F=3.06, p>.05)으로 확인되었다(표 V-33).

<표 V-33> 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 가정환경의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	2.06		.69		
유아의 성별	-1.67	-.24	-2.17*	.07	3.06
가정환경	.34	.05	.45		

*p < .05

(5) 운동빈도의 설명력

가정 소근육운동 경험의 운동빈도가 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화를 예측할 수 있는지 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 회귀모형은 통계적으로 유의하였으며(F=5.13, p<.01), 회귀모형의 설명력은 11%로 나타났다(R^2=.11). 한편, 잔차의 문제 유무를 확인한 결과, Durbin-Watson 통계량은 2.273으로 2에 근사한 값을 보여 잔차의 독립성 가정에 문제가 없는 것으로 나타났다.

회귀계수의 유의성 검증 결과, 통제변수로 투입한 유아의 성별(β=-.16, p>.05)은 유의하지 않았고, 가정 소근육운동 경험의 운동빈도(β=.22 p<.05)는 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 유의한 설명력을 갖고 있었다. 즉, 가정 소근육운동 경험의 운동빈도 점수가 높은 유아가 배외측 전전두엽의 활성화 수치가 높았으며, 배외측 전전두엽 피질에서 활성화가 일어나기 위해서는 가정에서 소근육운동을 많이 하여 배외측 전전두엽 피질을 자극하는 것이 도움이 될 수 있다(표 V-34).

<표 V-34> 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 대한 운동빈도의 설명력

구분	B	β	t	R^2	F
절편	-2.33		-.81		
유아의 성별	-1.13	-.16	-1.45	**.11**	**5.13****
운동빈도	**1.50**	**.22**	**2.02***		

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

정리하면, 가정 소근육운동 경험이 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화를 예측할 수 있는지 살펴본 결과, 가정 소근육운동 경험에 대한 부모인식과 운동빈도는 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 유의한 설명력을 갖고 있었다.

반면, 소근육운동 경험의 가정환경은 유의한 설명력을 갖지 못했다. 이러한 결과는 부모가 자녀의 소근육발달에 관심을 갖고 필요성을 인지하여 가정에서 유아가 소근육운동에 참여할 수 있도록 충분한 기회를 제공하고, 자녀가 소근육운동 활동 시 함께 참여하는 등 적극적 지원이 있다면 유아는 다양한 소근육운동 경험을 바탕으로 전전두엽 활성화를 높일 수 있다. 다만 전전두엽은 자극에 의하여 활성화되기 때문에 소근육운동을 할 수 있는 환경만 갖추어져 있다고 활성화가 일어나진 않는다. 따라서 소근육운동 경험의 가정환경 요인은 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화에 유의한 설명력을 갖지 못한 것으로 보인다.

Ⅵ. 결론 및 논의

이 장에서는 연구 결과를 토대로 연구의 결론을 도출하고, 이 연구가 가지는 의의 및 제한점을 바탕으로 후속 연구를 위해 제언하고자 한다.

1. 결론 및 논의

이 연구는 최근 유아들의 스마트 기기 사용과 스크린 미디어 노출의 급격한 증가로 뇌 발달과 밀접한 관련이 있는 유아들의 손 사용 감소와 그로 인한 손 기능 저하가 우려되는 상황 속에서 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계를 확인하고자 하였다. 이를 위하여 소근육운동 기술이 실행기능에 대한 설명력을 갖는지 하위요인별로 나누어 살펴보고, 유아가 소근육운동 기술 과제를 수행하는 동안 활성화되는 전전두엽의 영역과 정도를 관찰함으로써 유아의 소근육 사용과 실행기능 간 신경학적 연결을 확인하였다. 또한 환경적인 요인으로 가정에서의 소근육운동 경험이 유아의 소근육운동 기술을 설명하는지 하위요인별로 나누어 살펴봄으로써 가정에서의 어떠한 경험이 유아의 소근육운동 기술 향상에 도움을 줄 수 있는지 밝히고자 하였다. 이를 통해 궁극적으로 유아기 소근육활동과 인지기능의 관련성을 검토하고자 하였다.

이러한 연구 목적에 따라 경기도 소재 유아교육기관 6곳에 재원중인 5세 유아 107명과 그들의 부모 107명, 214명을 연구 참여자로 선정하여 자료를 분석하였고, 일부 유아들의 갑작스런 움직임에 의한 전전두엽 활성화 데이터의 손상으로 관련 변수 분석 시에만 유아 90명의 데이터를 사용하였다. 수집한 자료를 바탕으로 결론을 도출하고 그에 대해 논의하면 다음과 같다.

첫째, 유아의 성별에 따라 가정 소근육운동 경험, 유아의 소근육운동 기술, 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화, 실

행기능에 차이가 있다. 주요 변인에서 모두 여아가 남아보다 평균 수치가 높게 나타났으나, 소근육운동 기술의 손 기민성과 실행기능의 주의전환능력, 시각/청각 작업기억능력에서는 성차가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 확인되었다. 먼저, 부모가 직접 설문한 가정 소근육운동 경험을 살펴보면, 유아기 소근육 발달의 중요성에 대한 부모의 인식은 여아의 부모가 남아의 부모에 비하여 유아기에 소근육발달이 중요하고 이를 위한 지원과 교육이 필요함을 인지하고 있었으며, 가정환경과 운동빈도에서도 남아와 여아가 유의하게 차이가 나타났다. 물론 이러한 결과는 유아의 형제·자매 유무를 고려하지 않았기에 그와 관련한 요인들이 결과에 영향을 미쳤을 가능성을 완벽히 배제하기는 어렵다. 그러나 설문의 결과에서 부모인식 및 가정환경의 차이와 더불어 실제로 여아가 남아 보다 가정에서 소근육운동을 많이 하는 것으로 나타났다. 이를 통해 가정 소근육운동 경험의 부모인식, 가정환경, 운동빈도 세 가지 측면에서 여아가 남아보다 더 많은 경험치를 가졌으며, 여아가 남아보다 소근육운동 기술이 유의하게 우수하다는 것을 확인할 수 있다. 이와 유사한 Matarma 등(2020)의 연구는 가정에서 여아의 소근육 활동 시간이 소근육운동 기술에 영향을 미친다는 결과를 보여주었으며, 이는 소근육운동 빈도가 소근육운동 기술 향상에 유의한 설명력을 갖는다고 가정한 본 연구와 일치한다. 즉, 가정에서의 소근육운동 경험과 소근육운동 기술에서 성별의 차이가 나타난 가장 큰 이유는 여아가 남아보다 소근육운동을 많이 수행하여 운동학습의 효과로 소근육운동 기술이 향상된 것으로 볼 수 있다. 이러한 과제 수행의 성별 차이는 전전두엽의 활성화에서도 확인할 수 있다. 소근육운동 과제 수행 시, 여아가 남아보다 배외측 전전두엽 피질의 활성화가 높았는데, 이러한 결과는 같은 과제를 수행했을 때 여아가 남아보다 전전두엽의 활성화 정도가 높다는 Shinohara와 Moriguchi (2021)의 연구 결과와 일치한다.

한편, 성별의 차이가 통계적으로 유의하지 않았던 소근육운동 기술의 손 기민성과 실행기능의 주의전환능력, 시각/청각 작업기억능력의 결과는 남아와 여아의 발달 차이를 고려해 볼 수 있다. 소근육운동 기술에서

정밀성과 통합이 손 기민성보다 먼저 발달하고(Flatters et al., 2014; Serrien et al., 2014), 실행기능 역시 억제능력이 주의전환능력과 작업기억능력보다 먼저 발달하며, 여아가 남아보다 그 시기가 빠르다는 선행연구들의 결과(도레미 등, 2010; 박하연, 2016; Blair& Razza, 2007; Cowan et al., 2002; Diamond, 2013)를 통해 유아기 소근육운동 기술과 인지기능 발달에 있어 전반적으로 여아가 남아보다 성장 발달이 빠름을 알 수 있다.

둘째, 소근육운동 기술의 손 기민성이 우수한 유아가 실행기능이 우수하다. 소근육운동 기술 중 손 기민성은 전체적인 인지와는 별개로 실행기능과 강하게 연관되어 있다. 주의력, 작업기억, 계획, 판단, 과제 유연성, 억제 등의 인지과정으로 구성된 실행기능은 손 기민성 수준에 크게 영향을 받는 것으로 보인다(Kobayashi et al., 2018). 소근육운동 기술의 손 기민성이 실행기능의 모든 하위 요인들에 설명력을 갖는다는 본 연구의 결과는 운동기술과 실행기능의 관계를 분석한 Gandotra 등(2022)의 연구에서 복잡한 운동기술인 손 기민성이 실행기능의 구성 요인(억제, 작업기억, 주의전환)과 가장 강력한 독립적 연관성을 가짐을 보여준 결과와 일치하며, 숙련된 손 움직임에 실행 통제가 관여함을 확인한 또 다른 연구(Fraser et al., 2010)의 결과를 지지한다. 즉, 복잡하고 숙련된 소근육운동 기술을 사용하는 유아가 고차원 인지기능인 실행기능과 더 깊은 관련성을 갖는다는 것을 보여준다(Best & Miller, 2010; van der Fels et al., 2015).

한편, 소근육운동 기술의 운동 정밀성이 우수한 유아가 실행기능의 청각 작업기억능력이 우수하다. 소근육운동 정밀성은 손과 손가락 움직임의 정밀한 제어가 필요하며, 정확성이 강조된다(Bruininks & Bruininks, 2005). 정밀성의 운동 제어 능력은 소뇌의 중요한 역할 중 하나로, 소뇌의 운동 조절 기능은 조화롭고 정밀한 운동이 가능하도록 한다(Manto & Jissendi, 2012). 소뇌는 중추신경계의 일부분으로 대뇌의 기능을 보조하여 자발적 운동의 조절과 평형을 유지하는 기관으로 알려져 있으나, 최근에는 운동 행동뿐만 아니라 비운동 인지기능의 역할도 강조되고 있다(Peterburs et al., 2019). 즉, 전두엽과 긴밀하게 연결되어

있는 소뇌는 내부 언어 메커니즘을 지원하여 언어(청각) 작업기억능력을 향상시킨다(Sheu et al., 2019). 또 다른 연구(Kumar et al., 2016)에서 청각 작업기억능력의 네트워크를 설명하기 위해 청각 피질과 언어 관련 뇌 영역인 하전두회(inferior frontal gyrus, IFG)가 기능적으로 연결되어 있음을 밝혔다. 하전두회는 대뇌 반구 이마엽의 가쪽 면에 있는 이랑으로, 운동 제어능력과도 연관되어 있는 곳이다(Swick et al., 2008). 즉, 운동 정밀성 기술이 우수한 유아는 소뇌의 운동 조절 기능, 청각 피질과 하전두회 연결 정도에 따라 청각 작업기억능력 역시 우수할 가능성이 높다. 위의 연구 결과를 통해 소근육운동 정밀성이 실행기능을 구성하는 특정 능력과 더 깊게 관련되어 있음이 확인되었다. 이는 유아기 소근육운동 기술을 사용함으로써 아이들은 손을 효율적으로 사용하는 능력을 습득하고, 이러한 손 기술은 이후 다양한 인지기술로 연결됨을 보여준다(Abd El-samad et al., 2021).

셋째, 소근육운동 기술 과제 수행은 실행기능과 관련 있는 전전두엽 피질을 활성화시킨다. 유아가 소근육운동 기술 과제를 수행하는 동안 전전두엽의 활성화 영역 및 정도를 관찰한 결과, 배외측 전전두엽 피질과 전방 전전두엽 피질이 활성화되었다. 배외측 전전두엽 피질과 전방 전전두엽 피질은 전전두엽 연합 영역(Prefrontal Association Area)으로 밀접한 관련이 있고, 전전두엽 피질은 실행기능을 처리하는 데 결정적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Bruno et al., 2022; Friedman & Robbins, 2022; Jones & Graff-Radford, 2021). 한편, 유아가 소근육운동 기술의 5가지 과제를 수행하는 동안 공통적으로 활성화된 부위는 브로드만 영역 46의 배외측 전전두엽 피질이었다. 배외측 전전두엽 피질은 작업기억, 주의력, 가치 부호화, 의사결정, 모니터링 및 행동 전략 제어를 포함하여 인지 제어 및 실행기능에서 중요한 역할을 한다(Bruno et al., 2022). 즉, 소근육운동 기술 과제 수행은 실행기능과 밀접하게 관련이 있는 배외측 전전두엽 피질을 활성화하는 것으로 확인되어, 소근육운동 기술과 실행기능 간의 관계에 설명력을 더하였다.

넷째, 소근육운동과 관련하여 가정환경이 잘 조성되어 있을수록 유아

의 손 기민성 기술이 우수하다. 손 기민성은 두 손을 빠르고 능숙하게 움직여 조작 동작을 수행하는 기술로, 학습, 훈련 및 경험을 통해 개발된다(Wang et al., 2018). 즉, 유아가 가정에서 소근육운동을 다양하게 접하고 경험할 수 있도록 환경을 갖추고 있는 경우, 소근육운동의 손 기민성 기술 향상에 도움이 된다. 유아기 가정경험의 질이 소근육운동 기술의 발달과 정적인 관련이 있음을 보여주는 연구들이 있다(Armstrong-Carter et al., 2021; da Silva et al., 2017; Rubio-Codina et al., 2016; Valadi et al., 2020). 유아에게 질 높은 가정경험이란 유아의 소근육 발달을 촉진할 수 있는 다양한 유형의 활동 기회를 제공하는 가정환경을 의미한다.

한편, 가정에서 소근육운동을 많이 한 유아가 손 기민성이 우수하다. 가정에서 유아들이 경험할 수 있는 소근육운동에는 크게 두 가지 형태가 있다. 색종이, 점토, 레고 등의 놀잇감을 이용하여 그리고, 오리고, 붙이고, 조립하는 등 놀이 활동으로 소근육을 자극하는 놀이영역의 소근육운동과 수저, 컵, 칫솔 등의 일상적인 물건으로 젓가락질하기, 물 따라 마시기, 양치질하기, 스스로 단추 채우고 지퍼 잠그기 등 일상생활에서 소근육을 자극하는 일상영역의 소근육운동이다. 이 두 영역의 소근육운동 모두 유아의 소근육운동 기술을 향상시키는 데 도움이 된다. 특히 다양한 놀잇감으로 여러 기술 동작을 습득하는 소근육운동이 운동 기술 면에서는 더 효과적일 수 있으며, 숙련된 손 기술을 요하는 손 기민성 기술 향상에 더 적합할 수 있다. 이와 관련한 Islammeiliani와 Khamidun (2017)의 연구에서 작은 나무 블록을 가지고 노는 것이 4-5세 어린이의 소근육운동 능력을 중간 수준에서 높은 수준으로 향상한다고 하였으며, 또 다른 연구(Suggate et al., 2017)에서도 놀이하는 동안 아이들은 자신의 환경을 탐색하고 조작할 수 있는 기회를 갖게 되고, 여기에는 항상 크고 작은 물체와 놀고 상호작용하는 것이 포함된다고 하였다. 즉, 지원적인 가정환경과 운동빈도는 학습 기회 및 동기 부여가 되는 환경과 자극으로 유아의 손 기민성 기술을 향상시킬 수 있다. 이러한 결과는 가정환경과 가족특성이 영유아의 운동발달에 상당한 영향을 미친다고 밝힌

Miquelote 등(2012)의 연구와 같은 맥락이다.

다섯째, 가정 소근육운동 경험에 대한 부모인식 수준이 높으면 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질의 활성화 정도가 높다. 인지기능의 기초가 될 기본 신경 회로인 전전두엽 피질이 본격적으로 형성되는 시기는 유아기부터이다(Tsujimoto, 2008). 전전두엽 피질은 감각 자극, 스트레스, 사회적 경험 등의 환경 사건에 노출될 때 활성화되는데, 어떠한 경험을 하였느냐에 따라 피질의 성숙을 가속화하거나 느리게 하여 발달 궤적을 다르게 설정하여 발달한다. 따라서 초기 경험이 중요하며, 특히 부모와의 관계 경험은 유아기 전전두엽의 발달과 이후 행동에 영향을 줄 수 있다(Anda et al., 2006). 즉, 부모가 자녀의 소근육 발달에 관심을 갖고 필요성을 인지하여 가정에서 유아가 소근육운동에 참여할 수 있도록 충분한 기회를 제공하고 함께 참여하는 등의 적극적 지원이 있다면 유아는 다양한 소근육운동 경험을 바탕으로 활성화 정도를 높일 수 있다.

한편, 가정에서 소근육운동을 많이 한 유아가 소근육운동 과제 수행 시 배외측 전전두엽 피질이 많이 활성화된다. 가정환경은 유아 발달에 중요한 요소이고, 행동의 기초를 배우고 발전시키는 일차적 요인이다(Caçola et al., 2015). 일반적으로 풍요로운 환경은 뇌 발달에 긍정적인 영향을 미친다고 알려져 있다. 가정에서 쉽게 이용할 수 있는 일상생활의 물건들이나 소근육 관련 다양한 놀잇감으로 환경을 구성하고, 그 안에서 유아가 소근육 활동을 많이 한다면 신경학적 발달 측면에서 효과적일 수 있다(Iltus, 2007). 즉, 풍부한 환경이 명석한 두뇌를 만들고 최적의 발달 수준은 강력한 맥락적 지원으로부터 발생함을 의미한다(Gabbard & Krebs, 2012). 최근 Acuña 등(2022)의 연구에서 젓가락 사용 대 포크 및 손 사용에 대한 전전두엽의 피질 혈류역학 반응을 조사하였다. 연구 결과, 도구 조작의 소근육운동이 전전두엽 피질의 활성화와 관련이 있음을 증명하였고, 젓가락 사용이 포크나 손 사용에 비해 전전두엽의 활성화 정도를 증가시킬 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 가정에서 소근육운동을 많이 한 유아가 배외측 전전두엽 피질의 활성화 정도가 높다

는 본 연구의 결과와 일치한다. 즉, 앞에서 언급한 내용과 같은 맥락으로 유아가 일상생활에서 소근육운동을 많이 할수록 전전두엽 피질의 활성화가 높아지고, 관련 운동 기술의 향상도 기대해 볼 수 있다.

정리하면, 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 관계를 규명함에 있어 이들을 연결하는 정확한 메커니즘은 여전히 논의되고 있다. 그러나 이 연구에서는 유아가 소근육운동 과제를 수행하는 동안 실행기능과 밀접한 관련이 있는 배외측 전전두엽 피질이 활성화됨을 확인함으로써 유아의 소근육운동 기술과 실행기능의 신경학적 연결이 유아의 실행기능에 소근육운동 기술이 설명력을 갖는다는 본 연구의 결과에 경험적 증거를 제공하였다. 또한 유아기 소근육운동 기술에 가정 소근육운동 경험이 설명력을 갖는다는 결과는 유아기 가정 경험의 중요한 가치와 의미를 다시 한번 확인시켜 준 것이라 할 수 있다.

2. 의의 및 제언

이 연구는 다음과 같은 학술적, 이론적, 실천적 의의를 지닌다. 첫째, 유아의 실행기능에 대한 소근육운동 기술의 설명력을 확인하기 위하여 소근육운동 기술 측정 시, 과제 수행 점수와 함께 전전두엽의 활성화 영역 및 정도를 관찰하였다. 선행연구들을 통해 소근육운동 기술의 과제 수행 점수와 실행기능의 과제 수행 점수가 관련이 있고, 소근육운동 기술이 실행기능에 영향을 미칠 것이라는 사실은 이미 밝혀진 부분이나, 소근육운동의 어떤 기술이 실행기능의 어떤 능력을 예측할 수 있는지, 그리고 유아가 특정 소근육운동 기술을 수행할 때 뇌에서는 어떠한 일들이 벌어지는지 상세히 밝힐 필요가 있어 이를 확인하고자 하였다. 그 결과, 소근육운동 기술의 과제 유형별로 유의하게 활성화된 전전두엽의 특정 영역을 찾았고, 전전두엽의 활성화된 부위가 실행기능과 밀접한 관련이 있는 곳임을 확인하였다. 이러한 결과는 유아기 소근육을 이용한 신체활동이 실행기능에 미치는 긍정적 효과와 그 연결 고리를 과학적으로

입증하였다는 학술적 의의가 있으며, 인지가 신체를 통한 직접적 경험에 기반을 두고 있다는 체화된 인지 이론을 지지하는 새로운 실증적 증거를 제공하였다는 점에서 이론적으로 의미가 있다.

둘째, 유아의 소근육운동 기술의 환경적 요인을 확인하기 위하여 가정에서의 소근육운동 경험을 부모인식, 가정환경, 운동빈도로 세분화하여 살펴보았다. 유아기 가정에서의 경험이 중요함을 강조하며, 유아의 소근육운동 기술을 향상시키기 위해 가정에서 부모는 자녀의 소근육발달에 대하여 어떠한 인식을 갖고 있는지, 유아들이 지내는 가정환경은 과연 소근육운동을 자연스럽게 접할 수 있는 환경인지, 그리고 그 환경 속에서 유아들이 소근육운동을 얼마나 풍부하게 하고 있는지에 대하여 구체적이고 종합적으로 살펴보았다는 점에서 의의가 있다. 그동안 유아의 소근육운동 발달에 환경이 미치는 영향을 가정환경 구성, 지원성 부분에만 초점을 맞추었던 기존 연구들의 결과를 확장하여 가정에서의 소근육운동 경험의 양과 질을 높이고, 부모가 어떻게 아이를 지원해 줄 수 있는지에 대한 유용한 정보를 제공한다는 점에서 의미가 있다.

셋째, 유아기 소근육운동의 중요성을 다시 한 번 강조하며, 유아의 실행기능 향상을 위한 소근육운동 기술의 적절한 개입 방안 및 프로그램 개발의 중요성을 제안할 수 있기를 기대한다. 그동안 운동기술과 실행기능의 연관성을 보여주는 연구들은 있었지만, 대부분 비전형적인 발달을 보이는 대상의 연구들이 많아 결과를 일반화시키기에 어려움이 있었다. 또한 실행기능의 특정 능력을 향상시키기 위해서 어떤 운동이 도움이 되는지 구체적으로 살펴본 연구는 많지 않았다. 따라서 이 연구에서는 전형적인 발달을 보이는 유아들을 대상으로 소근육운동 기술과 실행기능의 관계를 상세하게 살펴봄으로써, 유아기 운동발달과 인지발달에 대한 이해를 바탕으로 소근육운동 기술 및 실행기능 향상을 목표로 하는 프로그램 설계 시 현실적인 도움을 줄 수 있을 것이라 생각한다.

이러한 의의에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 제한점을 가지며, 후속연구를 통해 보완될 필요가 있다. 첫째, 이 연구에서 유아가 소근육운동 기술 과제(BOT-2)를 수행하는 동안 f-NIRS를 활용하여 전전두엽

피질의 활성화 영역 및 정도를 확인하였다. 기존에 선행되어진 연구들에서 유아들을 대상으로 동일한 과제를 수행한 경우가 없어 연구 설계 시, 도구는 다르지만 소근육운동 기술을 측정한 연구들(Artemenko et al., 2022; Xu et al., 2020)과 유아들을 대상으로 한 다른 과제의 f-NIRS 연구들(강수정, 2020; Moriguch & Lertladaluck, 2020)을 참고하였다. 또한 연구 결과의 신뢰도를 확보하기 위하여 연구 참여자의 수를 늘려 설계하는 방법을 택하였다. 이에 따라 관련 분야의 연구가 거의 이루어지지 않아 선행연구가 부족하다는 점에 유의하여 본 연구의 결과를 해석하고 적용할 필요가 있다.

둘째, 이 연구에서는 가정 소근육운동 경험, 유아의 소근육운동 기술, 소근육운동 과제 수행 시 유아의 배외측 전전두엽 피질 활성화, 실행기능 간 설명력을 살펴보았으며 통제변수로 유아의 성별을 고려하였다. 그러나 유아의 개인적 특성 및 환경 관련 변인들의 잠재적인 영향을 조금 더 다양하게 고려할 필요가 있었다. 예를 들어, 유아의 개인적 특성으로 기질 변수를 추가로 살펴보았다면, 유아 개개인의 활동 수준이 비교적 정적인 활동의 소근육운동 기술에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 있었다는 제한점이 있다.

셋째, 이 연구를 통해 유아기 소근육운동 기술이 실행기능에 설명력을 갖는다는 사실이 다시 한 번 확인되었다. 이러한 결과가 이론처럼 이후 학령기의 기초학습능력에도 계속적으로 영향을 미치는지 종단적 연구가 가능하다면 초기 학령기 아동들의 학습능력을 함께 연구함으로써 유아기 소근육운동 기술의 중요성에 힘이 실릴 수 있을 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

강수정 (2020). 설명하기가 유아의 실행기능에 미치는 영향: 설명 대상의 상호작용 수준별 비교. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

강수정, 최나야 (2021). 설명하기가 유아의 실행기능에 미치는 영향: 설명 대상의 상호작용 수준별 비교. **인지발달중재학회지**, **12**(2), 1-27.

김지연, 백용매 (2007). 정상아동과 주의력결핍 과잉행동장애아동의 기억결함과 실행기능의 차이. **상담학연구**, **8**(1), 333-349.

곽호경, 임은조, 김복주 (2022). 소근육운동프로그램이 노인의 인지기능과 우울 및 뇌파활성도에 미치는 영향. **한국스포츠학회지**, **20**(19), 407-417.

노보람, 최나야 (2022). 취학 직전 유아의 쓰기 발달: 쓰기 운동조절 및 쓰기 표현 유형을 중심으로. **아동학회지**, **43**(1), 47-59.

도레미, 조수철, 김붕년, 기재원, 신민섭 (2010). 아동기 실행기능의 발달. **한국심리치료학회지**, **2**(2), 1-12.

박상희, 박진선, 황나래, 권승혁, 권용주 (2019). 교육연구에서 f-NIRS의 실제 측정과 적용을 통한 두뇌 연구의 탐색. **Brain, Digital, & Learning**, **9**(3), 213-231.

박윤현 (2021). 교수자료의 인지부하와 제시방식 및 작업기억 용량이 유아의 학습효과에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

박윤현, 최나야, 김보경 (2021). 교수자료의 정보제시 방식과 유아의 시각·청각 작업기억 용량이 유아의 학습효과에 미치는 영향. **아동학회지**, **42**(6), 721-740.

박하연 (2016). 유아의 애착안정성이 조망수용에 미치는 영향: 실행기능의 매개효과를 중심으로. 서울대학교 대학원 석사학위논문.

백희정 (2020). 인쇄 텍스트와 스마트폰 텍스트 읽기 상황에서 독자의 뇌 활성도 특성 비교: 기능적 근적외선 분광법을 활용하여. **학습자중심교과교육연구**, **20**(6), 283-308.

신민섭, 도레미, 김수진, 방미영 (2010). 기억력의 발달적 특성: 4세부터 12세 아동을 대상으로. **한국심리치료학회지**, **2**(1), 13-23.

이미희, 전순영 (2016). 점토를 활용한 집단미술치료가 유아의 소근육기능 및 사회성 향상에 미치는 효과. **미술치료연구, 23**(6), 1643-1664.

전희정, 권용주 (2021). 흡연 청소년의 금연교육 내용 유형에 따른 뇌 활성 비교-fNIRS 연구. **Brain, Digital, & Learning**, **11**(3), 517-530.

지경진, 이강이 (2009). '머리/발 과제'로 측정한 유아의 행동조절 능력과 사회적 적응. **아동학회지**, **30**(6), 591-605.

최은아, 송하나 (2013). 유아의 인지적 실행기능 및 정서적 실행기능과 자기 조절간의 관계: 만 3-5세 유아의 발달 차이를 중심으로. **아동학회지**, **34**(5), 99-114.

Abd El-samad, A. A., El-Meniawy, G. H., Nour El-Din, S. M., & Mohamed, N. E. (2021). Pinch grip strength and fine manual control in children with diplegic cerebral palsy: a cross-sectional study. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy, 26*(1), 1-8.

Accardo, A. P., Genna, M., & Borean, M. (2013). Development, maturation and learning influence on handwriting kinematics. *Human movement science, 32*(1), 136-146.

Acuña, S. M., Wagatsuma, M., Carmona, C. E., Narasaki, J. M., Jung, A., & Jung, T. (2022). Analysis of Cortical Hemodynamic Responses in the Prefrontal Lobe during Chopsticks Usage. *The FASEB journal, 36*(S1), n/a.

Adolph, K. E., & Kretch, K. S. (2015). Gibson's theory of perceptual learning. International encyclopedia of the social & behavioral sciences(2nd ed., pp. 127-134).

Adolph, K. E., & Robinson, S. R. (2015). Motor development. In L. S. Liben, U. Müller, & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology and developmental science: Cognitive processes* (pp. 113 - 157). John Wiley & Sons.

Agard, B., Zeng, N., McCloskey, M. L., Johnson, S. L., & Bellows, L. L. (2021). Moving together: Understanding parent perceptions related to physical activity and motor skill development in preschool children. *International journal of environmental research and public health, 18*(17), 9196.

Alloway, T. P. (2011). A comparison of working memory profiles in children with ADHD and DCD. *Child neuropsychology, 17*(5), 483-494.

Ammar, D., Acevedo, G. A., & Cordova, A. (2013). Affordances in the Home Environment for Motor Development: A Cross-Cultural Study between American and Lebanese Children. *Child development research, 2013,* 1-5.

Anda, R. F., Felitti, V. J., Bremner, J. D., Walker, J. D., Whitfield, C., Perry, B. D., Dube, S. R., & Giles, W. H. (2006). The enduring effects of abuse and related adverse experiences in childhood: A convergence of evidence from neurobiology and epidemiology. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience, 256*(3), 174-186.

Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function(EF) During Childhood. *Child neuropsychology, 8*(2), 71-82.

Anderson, P. J., & Reidy, N. (2012). Assessing executive function in preschoolers. *Neuropsychology Review, 22*(4), 345-360.

Anwar, A. R., Muthalib, M., Perrey, S., Galka, A., Granert, O., Wolff, S., Heute, U., Deuschl, G., Raethjen, J., & Muthuraman, M. (2016). Effective Connectivity of Cortical Sensorimotor Networks During Finger Movement Tasks: A Simultaneous fNIRS, fMRI, EEG Study. *Brain topography, 29*(5), 645-660.

Apaydın, U., Eraslan, R., Balıkçı, A., & Elbasan, B. (2023). Turkish

Translation/Cultural Adaptation and Psychometric Analyses of the Affordances in the Home Environment for Motor Development-Infant Scale (AHEMD-IS). *Perceptual and motor skills, 130*(2), 607-621.

Armstrong-Carter, E., Sulik, M. J., Siyal, S., Yousafzai, A. K., & Obradović, J. (2021). Early and concurrent home stimulation: Unique and indirect links with fine motor skills among 4-year-old children in rural Pakistan. *Developmental psychology, 57*(6), 888-899.

Artemenko, C., Wortha, S. M., sler, T., Frey, M., Barrocas, R., Nuerk, H. C., & Moeller, K. (2022). Finger-Based Numerical Training Increases Sensorimotor Activation for Arithmetic in Children—An fNIRS Study. *Brain sciences, 12*(5), 637.

Au, J., Katz, B., Moon, A., Talati, S., Abagis, T. R., Jonides, J., & Jaeggi, S. M. (2021). Post training stimulation of the right dorsolateral prefrontal cortex impairs working memory training performance. *Journal of neuroscience research, 99*(10), 2351-2363.

Backman, C., Gibson, S. C. D., Parsons, J. (1939). Assessment of Hand Function: The Relationship between Pegboard Dexterity and Applied Dexterity. *Canadian journal of occupational therapy, 59*(4), 208-213.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). New York: Academic Press.

Baggetta, P., & Alexander, P. A. (2016). Conceptualization and operationalization of executive function. *Mind, brain, and education, 10*(1), 10-33.

Benes, F. (2001). The development of frontal cortex: The maturation of

neurotransmitter systems and their interactions. In C. Nelson & M. Luciana (Eds.), *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (pp. 79-92). Cambridge, MA: MIT Press.

Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development, 81*(6), 1641-1660.

Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in Kindergarten. *Child Development, 78*(2), 647-663.

Booth, J. N., Boyle, J. M. E., & Kelly, S. W. (2010). Do tasks make a difference? Accounting for heterogeneity of performance of children with reading difficulties on tasks of executive function: findings from a meta-analysis. *British journal of developmental psychology, 28*(1), 133-176.

Bornstein, M. H., Hahn, C.-S., & Suwalsky, J. T. D. (2013). Physically developed and exploratory young infants contribute to their own long-term academic achievement. *Psychological Science, 24*(10), 1906-1917.

Bressler, S. L., & Menon, V. (2010). Large-scale brain networks in cognition: Emerging methods and principles. *Trends in Cognitive Sciences, 14*(6), 277-290.

Brown, T. (2019). Structural Validity of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency-Second Edition (BOT-2) Subscales and Composite Scales. *Journal of occupational therapy, schools & early intervention, 12*(3), 323-353.

Bruininks, R. H,. & Bruininks, B. D. (2005). BOT2: Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency, second edition(1st ed.), NCS Pearson, Minneapolis.

Bruno, A., Bludau, S., Mohlberg, H., & Amunts, K. (2022).

Cytoarchitecture, intersubject variability, and 3D mapping of four new areas of the human anterior prefrontal cortex. *Frontiers in neuroanatomy, 16*, 915877.

Bushnell, E. W., & Boudreau, J. P. (1993). Motor development and the mind: The potential role of motor abilities as a determinant of aspects of perceptual development. *Child Development, 66*, 1005-1021.

Caçola, P. M., Gabbard, C., Montebelo, M. I. L., & Santos, D. C. C. (2015). Further Development and Validation of the Affordances in the Home Environment for Motor Development-Infant Scale (AHEMD-IS). *Physical therapy, 95*(6), 901-923.

Cadoret, G., Bigras, N., Lemay, L., Lehrer, J., & Lemire, J. (2016). Relationship between screen-time and motor proficiency in children: a longitudinal study. *Early child development and care, 188*(2), 231-239.

Cameron, C. E., Brock, L. L., Hatfield, B. E., Cottone, E. A., Rubinstein, E., LoCasale-Crouch, J., & Grissmer, D. W. (2015). Visuomotor integration and inhibitory control compensate for each other in school readiness. *Developmental Psychology, 51*(11), 1529-1543.

Cameron, C. E., Brock, L. L., Murrah, W. M., Bell, L. H., Worzalla, S. L., & Grissmer, D. W. (2012). Fine motor skills and executive function both contribute to kindergarten achievement. *Child Development, 83*(4), 1229-1244.

Cameron Ponitz, C. E., McClelland, M. M., Jewkes, A. M., Connor, C. M., Farris, C. L., & Morrison, F. J. (2008). Touch your toes! Developing a direct measure of behavioral regulation in early childhood. *Early childhood research quarterly, 23*(2), 141-158.

Caporaso, J. S., Boseovski, J. J., & Marcovitch, S. (2019). The

individual contributions of three executive function components to preschool social competence. *Infant and Child Development, 28*(4), e2132.

Carlson, S. M., Zelazo, P. D., & Faja, S. (2013). Executive function. In P. D. Zelazo (Ed.), *Oxford handbook of developmental psychology, 1: Body and mind* (pp. 706-743). New York, NY: Oxford University Press.

Casey, B., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: What have we learned about cognitive development? *Trends in cognitive sciences, 9*(3), 104-110.

Chou, Y.-J., Hu, B. Y., Wu, H., Chang, C.-J., & Winsler, A. (2023). Influence of parental play on Taiwanese 3-year-olds' executive function: Through the path of motor skills. *Journal of family psychology, 37*(1), 143-152.

Claudia, M. R., & Katja, J. (2014). The Relative Importance of Fine Motor Skills, Intelligence, and Executive Functions for First Graders' Reading and Spelling Skills. *Perspectives on language and literacy, 40*(2), 13.

Cllaudia, E. S., Wdiastuti, A. A., Kurniawan, M. (2018). Origami Game for Improving Fine Motor Skills for Children 4-5 Years Old in Gang Buaya Village in Salatiga. *Journal Obsesi, 2*(2), 143-148.

Cona, G., & Scarpazza, C. (2019). Where is the "where" in the brain? A meta-analysis of neuroimaging studies on spatial cognition. *Human Brain Mapping, 40*(6), 1867-1886.

Cortes, R. A., Green, A. E., Barr, R. F., & Ryan, R. M. (2022). Fine motor skills during early childhood predict visuospatial deductive reasoning in adolescence. *Developmental psychology, 58*(7), 1264-1276.

Cowan, N., Saults, J. S., & Elliott, E. M. (2002). The search for what is fundamental in the development of working memory. *Advances in Child Development and Behavior, 29*, 1-49.

Dapp, L. C., Gashaj, V., & Roebers, C. M. (2021). Physical activity and motor skills in children: A differentiated approach. *Psychology of sport and exercise, 54*, 101916.

da Silva, W. R., da Lisboa, T., Ferrari, E. P., Freitas, K. T. D., & Cardoso, F. L. (2017). Opportunities for motor stimulation in the home environment of children. *Journal of Human Growth and Development, 27*(1), 84.

Daud, A. Z. C., Aman, N. A., Chien, C.-W., & Judd, J. (2020). The effects of touch-screen technology usage on hand skills among preschool children: a case-control study [version 1; peer review: 2 approved]. *England: Faculty of 1000 Ltd F1000 research, 9*, 1306.

Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L, C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia, 44*(11), 2037-2078.

Davis, E. E., Pitchford, N. J., & Limback, E. (2011). The interrelation between cognitive and motor development in typically developing children aged 4-11 years is underpinned by visual processing and fine manual control. *Journal of occupational and organizational psychology, 102*(3), 569-584.

Deer, L., Hastings, P., Hostinar, C., & Davis, U. (2020). Boosting executive function may help close income-based achievement gap (No. 5; p. 2). Center for Poverty & Inequality Research.

Deitz, J. C., Kartin, D., & Kopp, K. (2007). Review of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, second edition

(BOT-2). *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics, 27*(4), 87-102.

Delpy, D. T., Cope, M., van der Zee, P., Arridge, S., Wray, S., & Wyatt, J. S. (1988). Estimation of optical path length through tissue from direct time of flight measurement. *Physics in Medicine & Biology, 33*, 1433-1442.

Devine, R. T., Ribner, A., & Hughes, C. (2019). Measuring and predicting individual differences in executive functions at 14 months: A Longitudinal Study. *Child Development, 90*(5), e618-e636.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology, 64*, 135-168.

Dinehart, L., & Manfra, L. (2013). Associations between low-income children's fine motor skills in preschool and academic performance in second grade. *Early Education and Development, 24*(2), 138-161.

Dinkel, D., Snyder, K., & Cacola, P. (2019). Affordances in the Home Environment for Motor Development-Infant Scale, Spanish Translation. *Early child development and care, 189*(5), 802-810.

Escolano-Pérez, E., Romero-Galisteo, R. P., Rodríguez-Medina, J., Gálvez-Ruiz, P. (2022). Executive function assessment: Adaptation of the Amsterdam executive function inventory using Spanish first-year university students from two knowledge areas. *PloS one, 17*(8), e0272802.

Eslinger, P. J., Blair, C., Wang, JLi., Lipovsky, B., Realmuto, J., Baker, D., Thorne, S., Gamson, D., Zimmerman, E., Rohrer, L., & Yang, Q. X. (2009). Developmental shifts in fMRI activations during visuospatial relational reasoning. *Brain and*

Cognition, 69(1), 1-10.

Feder, K. P., & Majnemer, A. (2007). Handwriting development, competency, and intervention. *Developmental Medicine and Child Neurology, 49*, 312-317.

Flatters, I., Hill, L. J. B., Williams, J. H. G., Barber, S. E., & Mon-Williams, M. (2014). Manual Control Age and Sex Differences in 4 to 11 Year Old Children. *PloS one, 9*(2), e88692.

Flôres, F. S., Rodrigues, L. P., Copetti, F., Lopes, F., & Cordovil, R. (2019). Affordances for motor skill development in home, school, and sport environments: A narrative review. *Perceptual and Motor Skills, 126*(3), 366-388.

Floyer-Lea, A., & Matthews, P. M. (2004). Changing Brain Networks for Visuomotor Control With Increased Movement Automaticity. *Journal of Neurophysiology, 92*(4), 2405-2412.

Fraser, S. A., Li, K. Z., & Penhune, V. B. (2010). Dual-task performance reveals increased involvement of executive control in fine motor sequencing in healthy aging. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences, 65B*(5), 526-535.

Friedman, A. H., Watamura, S. E., & Robertson, S. S. (2005). Movement-attention coupling in infancy and attention problems in childhood. *Developmental Medicine & Child Neurology, 47*(10), 660-665.

Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology, 47*, 72-89.

Funahashi, S., & Andreau, J. M. (2013). Prefrontal cortex and neural mechanisms of executive function. *Journal of physiology, Paris, 107*(6), 471-482.

Fuster, J. M. (2001). The prefrontal cortex - an update: time is of the

essence. *Neuron, 30*, 319-333.

Gabbard, C. P. (2018). Lifelong motor development (7th ed.). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.

Gabbard, C., Caçola, P., & Rodrigues, L. P. (2008). A New Inventory for Assessing Affordances in the Home Environment for Motor Development (AHEMD-SR). *Early childhood education journal, 36*(1), 5-9.

Gabbard, C., & Krebs, R. (2012). Studying environmental influence on motor development in children. *The Physical Educator, 69*(2), 136-149.

Gandotra, A., Csaba, S., Sattar, Y., Cserényi, V., Bizonics, R., Cserjesi, R., & Kotyuk, E. (2022). A Meta-analysis of the Relationship between Motor Skills and Executive Functions in Typically-developing Children. *Journal of cognition and development, 23*(1), 83-110.

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin, 134*(1), 31-60.

Gaul, D., & Issartel, J. (2016). Fine motor skill proficiency in typically developing children: On or off the maturation track? *Human Movement Science, 46*, 78-85.

Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: Performance of children 3½ - 7 years old on a stroop-like day-night test. *Cognition, 53*(2), 129-153.

Gibson, E. J. (1988). Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. *Annual Review of Psychology, 39*(1), 1-42.

Gibson, J. J. (2002). A theory of direct visual perception: Vision and

mind: Selected readings in the philosophy of perception. Cambridge, MA: MIT Press.

Gibson, J. J. (2014). The ecological approach to visual perception: Classic edition. New York, NY: Psychology Press.

Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., NugentⅢ, T. F., Harman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101*, 8174-8179.

Goode, J. A., Fomby, P., Mollborn, S., & Limburg, A. (2020). Children's Technology Time in Two US Cohorts. *Child indicators research, 13*(3), 1107-1132.

Goodway, J., Ozmun, J., & Gallahue, D. (2019). Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults (8th ed.). Jones & Bartlett Learning.

Grissmer, D., Grimm, K. J., Aiyer, S. M., Murrah, W. M., & Steele, J. S. (2010). Fine Motor Skills and Early Comprehension of the World: Two New School Readiness Indicators. *Developmental Psychology, 46*(5), 1008-1017.

Guell, X., Schmahmann, J. D., Gabrieli, J., & Ghosh, S. S. (2018). Functional gradients of the cerebellum. *eLife, 7*, e3665.

Haller, M., Case, J., Crone, N. E., Chang, E. F., King-Stephens, D., Laxer, K. D., Weber, P. B., Parvizi, J., Knight, R. T., & Shestyuk, A. Y. (2018). Persistent neuronal activity in human prefrontal cortex links perception and action. *Nature human behaviour, 2*(1), 80-91.

Hamilton, S. S. (2002). Evaluation of clumsiness in children. *American*

Family Physician, 66(8), 1435.

Hasan, A., Galea, J. M., Casula, E. P., Falkai, P., Bestmann, S., & Rothwell, J. C. (2013). Muscle and Timing-specific Functional Connectivity between the Dorsolateral Prefrontal Cortex and the Primary Motor Cortex. *Journal of cognitive neuroscience, 25*(4), 558-570.

Haydari, A., Askari, P., & Nezhad, M. Z. (2009). Relationship between Affordances in the Home Environment and Motor Development in Children Age 18-42 Months. *Journal of Social Sciences, 5*(4), 319-328.

Haywood, K. M., & Getchell, N. (2014). Life span motor development (6th ed.). United States: Human Kinetics.

Henderson, A., & Pehodki, C. (Eds.). (2006). Hand Function in the Child. St Louis, MO: Mosby.

Hirose, N. (2002). An ecological approach to embodiment and cognition. *Cognitive Systems Research, 3*(3), 289-299.

Holtzer, R., Schoen, C., Demetriou, E., Mahoney, J. R., Izzetoglu, M., Wang, C., Verghese, J., & Vaidya, C. (2017). Stress and gender effects on prefrontal cortex oxygenation levels assessed during single and dual-task walking conditions. *The European journal of neuroscience, 45*(5), 660-670.

Houwen, S., Kamphorst, E., van der Veer, G., & Cantell, M. (2019). Identifying patterns of motor performance, executive functioning, and verbal ability in preschool children: A latent profile analysis. *Research in Developmental Disabilities, 84*, 3-15.

Hudson, K. N., Ballou, H. M., & Willoughby, M. T. (2021). Short report: Improving motor competence skills in early childhood has corollary benefits for executive function and numeracy skills. *Developmental science, 24*(4), e13071.

Huettel, S. A., Song, A. W., & McCarthy, G. (2004). Functional magnetic resonance imaging(Vol. 1). Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Hughes, S. J. (2008). Comprehensive assessment must play a role in RTI. In E. Fletcher-Janzen., & C. R. Reynolds (Eds), Neuropsychological perspectives on learning disabilities in the era of RTI: Recommendations for diagnosis and intervention, 115-130. Hoboken, NJ: John wiley & Sons, inc.

Hwang, A. W., Liao, H. F., Granlund, M., Simeonsson, R. J., Kang, L. J., & Pan, Y. L. (2014). Linkage of ICF-CY codes with environmental factors in studies of developmental outcomes of infants and toddlers with or at risk for motor delays. *Disability and Rehabilitation, 36*(2), 89-104.

Iltus. S. (2007). Significance of home environments as proxy indicators for early childhood care and education. Unitied Nations Educational Scientific and Cultural Organization.

Islammeiliani, D., & Khamidun, K. (2017). The effect of blocks constructive game to improve children's fine motor skill in the year of 4-5 years old. *Early Childhood Education Papers BELIA, 6*(1), 6-9.

James, K. H., & Engelhardt, L. (2012). The effects of handwriting experience on functional brain development in pre-literate children. *Trends in neuroscience and education, 1*(1), 32-42.

Jones, D. T., & Graff-Radford, J. (2021). Executive dysfunction and the prefrontal cortex. *Continuum, 27*, 1586-1601.

Jurado, M, B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychology Review, 17*(3), 213-233

Khng, K.-H., & Ng, E.-L. (2021). Fine motor and executive functioning skills predict maths and spelling skills at the start of

kindergarten: a compensatory account (La motricidad fina y las funciones ejecutivas predicen las competencias en matemáticas y lengua escrita al comienzo de la etapa preescolar: una propuesta compensatoria). *Infancia y aprendizaje, 44*(3), 675-718.

Kim, H., Duran, C. A. K., Cameron, C. E., & Grissmer, D. (2018). Developmental Relations Among Motor and Cognitive Processes and Mathematics Skills. *Child development, 89*(2), 476-494.

Kim, S., Nordling, J. K., Yoon, J. E., Boldt, L. J., & Kochanska, G. (2013). Effortful control in "hot" and "cool" tasks differentially predicts children's behavior problems and academic performance. *Journal of Abnormal Child Psychology, 41*(1), 43-56.

Kobayashi-Cuya, K. E., Sakurai, R., Sakuma, N., Suzuki, H., Yasunaga, M., Ogawa, S., Takebayashi, T., & Fujiwara, Y. (2018). Hand dexterity, not handgrip strength, is associated with executive function in Japanese community-dwelling older adults: a cross-sectional study. *BMC geriatrics, 18*(1), 192-192.

Kokstejn, J., Musalek, M., & Tufano, J. J. (2017). Are sex differences in fundamental motor skills uniform throughout the entire preschool period? *PLoS One, 12*(4), e0176556.

Krog, S. (2015). Movement activities : a critical link in developing motor skills and learning in early childhood : motor development. *African journal for physical health education, recreation, and dance, 21*(1.2), 426-443.

Kumar, S., Joseph, S., Gander, Phillip. E., Barascud, N., Halpern, Andrea. R., & Griffiths, T. D. (2016). A Brain System for Auditory Working Memory. *The Journal of neuroscience, 36*(16), 4492-4505.

Laukkanen, A., Pesola, A., Havu, M., Sääkslahti, A., & Finni, T. (2014). Relationship between habitual physical activity and

gross motor skills is multifaceted in 5- to 8-year-old children. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 24*(2), e102-e110.

Lee, M. Y., Chang, P.-H., Kwon, Y. H., & Jang, S. H. (2013). Differences of the frontal activation patterns by finger and toe movements: A functional MRI study. *Neuroscience letters, 533*, 7-10.

Lemire-Rodger, S., Lam, J., Viviano, J. D., Stevens, W. D., Spreng, R. N., & Turner, G. R. (2019). Inhibit, switch, and update: A within-subject fMRI investigation of executive control. *Neuropsychologia, 132*, 1071.

Liang, L.-Y., Shewokis, P. A., & Getchell, N. (2016). Brain Activation in the Prefrontal Cortex during Motor and Cognitive Tasks in Adults. *Journal of behavioral and brain science, 6*(12), 463-474.

Lin, L.-Y., Cherng, R.-J., & Chen, Y.-J. (2017). Effect of touch screen tablet use on fine motor development of young children. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics, 37*(5), 457-467.

Logan, S. W., Ross, S. M., Chee, K., Stodden, D. F., & Robinson, L. E. (2018). Fundamental motor skills: A systematic review of terminology. *Journal of Sports Sciences, 36*(7), 781-796.

Lubans, D. R., Morgan, P. J., Cliff, D. P., Barnett, L. M., & Okely, A. D. (2010). Review of the benefits associated with fundamental movement skill competency in youth. *Sports Medicine, 40*, 1019-1035.

Luo, Z., Jose, P. E., Huntsinger, C. S., & Pigott, T. D. (2007). Fine motor skills and mathematics achievement in East Asian American and European American kindergartners and first

graders. *British Journal of Developmental Psychology, 25*(4), 595-614.

Mangen, A., & Balsvik, L. (2016). Pen or keyboard in beginning writing instruction? Some perspectives from embodied cognition. *Trends in Neuroscience and Education, 5*(3), 99-106.

Manto, M. U., & Jissendi, P. (2012). Cerebellum: Links between development, developmental disorders and motor learning. *Frontiers in neuroanatomy, 6*, 1-1.

Marcovitch, S., Jacques, S., Boseovski, J. J., & Zelazo, P. D. (2008). Self-reflection and the cognitive control of behavior: Implications for learning. *Mind, Brain and Education, 2*, 136-142.

Marr, D., Cermak, S., Cohn, E. S., & Henderson, A. (2003). Fine motor activities in Head Start and kindergarten classrooms. *American Journal of Occupational Therapy, 57*, 550-557.

Mars, R. B., & Grol, M. J. (2007). Dorsolateral prefrontal cortex, working memory, and prospective coding for action. *The Journal of neuroscience, 27*(8), 1801-1802.

Martins, A. de O., FlÃ´res, F. bio S., Valentini, N. C., & Copetti, F. (2023). What do the parents perceive, and how it affects children's motor competence? An exploratory study in 5 to 11 years old south Brazilian children: Parents' Perceptions of motor competence. *Motricidade, 19*(1), 68-85.

Martins, C. M. de L., Bandeira, P. F. R., Lemos, N. B. A. G., Bezerra, T. A., Clark, C. C. T., Mota, J., & Duncan, M. J. (2020). A network perspective on the relationship between screen time, executive function, and fundamental motor skills among preschoolers. *International journal of environmental research and public health, 17*(23), 1-12.

Martins, M., Neves, L., Rodrigues, P., Vasconcelos, O., & Castro, S.

(2018). Orff-based music training enhances children's manual dexterity and bimanual coordination. *Frontiers in psychology, 9*, 2616.

Martzog, P., Stoeger, H., & Suggate, S. (2019). Relations between preschool children's fine motor skills and general cognitive abilities. *Journal of cognition and development, 20*(4), 443-465.

Martzog, P., & Suggate, S. P. (2022). Screen media are associated with fine motor skill development in preschool children. *Early childhood research quarterly, 60*, 363-373.

Marvel, C. L., & Desmond, J. E. (2010). The contributions of cerebro-cerebellar circuitry to executive verbal working memory. *Cortex, 46*(7), 880-895.

Matarma, T., Lagström, H., Löyttyniemi, E., & Koski, P. (2020). Motor Skills of 5-Year-Old Children: Gender Differences and Activity and Family Correlates. *Perceptual and motor skills, 127*(2), 367-385.

Matsuda, G., & Hiraki, K. (2006). Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: A NIRS study of children. *Neuroimage, 29*(3), 706-711.

Mattocks, C., Ness, A., Deere, K., Tilling, K., Leary, S., Blair, S. N., & Riddoch, C. (2008). Early life determinants of physical activity in 11 to 12 year olds: cohort study. *British journal of sports medicine, 42*(9), 721-724.

Maurer, M. N., & Roebers, C. M. (2019). Towards a better understanding of the association between motor skills and executive functions in 5- to 6-year-olds: The impact of motor task difficulty. *Human movement science, 66*, 607-620.

Mayseless, N., & Reiss, A. L. (2021). The neurodevelopmental basis of humor appreciation: A fNIRS study of young children. *PloS*

one, 16(12), e0259422.

McClelland, M. M., & Cameron, C. E. (2019). Developing Together: The Role of Executive Function and Motor Skills in Children's Early Academic Lives. *Early Childhood Research Quarterly, 46*, 142-151.

McClelland, M. M., Cameron, C. E., Connor, C. M., Farris, C. L., Jewkes, A. M., & Morrison, F. J. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary, and math skills. *Developmental Psychology, 43*(4), 947-959.

Menon, V., & Uddin, L. Q. (2010). Saliency, switching, attention and control: A network model of insula function. *Brain Structure & Function, 214*(5-6), 655-667.

Michel, E., & Molitor, S. (2022). Fine motor skill automatization and working memory in children with and without potential fine motor impairments: An explorative study. *Human movement science, 84*, 102968.

Michel, E., Molitor, S., & Schneider, W. (2020). Executive Functions and Fine Motor Skills in Kindergarten as Predictors of Arithmetic Skills in Elementary School. *Developmental neuropsychology, 45*(6), 367-379.

Migliaccio, R., Tanguy, D., Bouzigues, A., Sezer, I., Dubois, B., Le Ber, I., Batrancourt, B., Godefroy, V., & Lévy, R. (2020). Cognitive and behavioural inhibition deficits in neurodegenerative dementias. *Cortex, 131*, 265-283.

Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience, 24*(1), 167-202.

Miquelote, A. F., Santos, D. C. C., Caçola, P. M., Montebelo, M. I. L., & Gabbard, C. (2012). Effect of the home environment on

motor and cognitive behavior of infants. *Infant behavior & development, 35*(3), 329-334.

Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B. W., Ross, S., Sears, M. R., Thomson, W. M., & Caspi, A. (2011). gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences-PNAS, 108*(7), 2693-2698.

Molavi, P., Aziziaram, S., Basharpoor, S., Atadokht, A., Nitsche, M. A., & Salehinejad, M. A. (2020). Repeated transcranial direct current stimulation of dorsolateral-prefrontal cortex improves executive functions, cognitive reappraisal emotion regulation, and control over emotional processing in borderline personality disorder: A randomized, sham-controlled, parallel-group study. *Journal of affective disorders, 274*, 93-102.

Molitor, S., Michel, E., & Schneider, W. (2015). Exekutive Funktionen bei Kindern mit motorischen Auffälligkeiten [executive functions in children with motor coordination impairments]. *Kindheit und Entwicklung, 24*, 181-188.

Molitor, S., Michel, E., & Schneider, W. (2020). Differential development of children with motor coordination difficulties: Longitudinal findings concerning motor coordination, executive functions, and scholastic achievement. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 67*, 10-28.

Mori, S., Nakamoto, H., Mizuochi, H., Ikudome, S., & Gabbard, C. (2013). Influence of affordances in the home environment on motor development of young children in Japan. *Child development research, 2013*, 1-5.

Moriguchi, Y. (2022). Relationship between cool and hot executive

function in young children: A near infrared spectroscopy study. *Developmental science, 25*(2), e13165.

Moriguchi, Y., Chevalier, N., & Zelazo, P. D. (2016). Editorial: Development of Executive Function during Childhood. *Frontiers in psychology, 7*, 6.

Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: A review of NIRS studies. *Frontiers in human neuroscience*, *7*, 867.

Moriguchi, Y., & Lertladaluck, K. (2020). Bilingual effects on cognitive shifting and prefrontal activations in young children. *The international journal of bilingualism: cross-disciplinary, cross-linguistic studies of language behavior, 24*(4), 729-739.

Morley, D., Till, K., Ogilvie, P., & Turner, G. (2015). Influences of gender and socioeconomic status on the motor proficiency of children in the UK. *Human movement science, 44*, 150-156.

Morra, S., & Panesi, S. (2017). From scribbling to drawing: The role of working memory. *Cognitive Development, 43*, 142-158.

Morrison, F. J., Ponitz, C. C., & McClelland, M. M. (2010). Self-regulation and academic achievement in the transition to school. In M. Posner (Series Ed.) & S. Calkins & M. Bell (Vol. Eds.), The developing human brain: Child development at the intersection of emotion and cognition (pp. 203-224).

Navarro-Patón, R., Lago-Ballesteros, J., Arufe-Giráldez, V., Sanmiguel-Rodríguez, A., Lago-Fuentes, C., & Mecías-Calvo, M. (2021). Gender Differences on Motor Competence in 5-Year-Old Preschool Children Regarding Relative Age. *International journal of environmental research and public health, 18*(6), 3143.

Nguyen, T., & Duncan, G. J. (2023). Kindergarten components of

executive function and third grade achievement: A national study. *Early childhood research quarterly, 46*, 49-61.

Oberer, N., Gashaj, V., & Roebers, C. M. (2017). Motor skills in kindergarten: Internal structure, cognitive correlates and relationships to background variables. *Human movement science, 52*, 170-180.

Owen, A. M., & Ramnani, N. (2004). Anterior prefrontal cortex: insights into function from anatomy and neuroimaging. *Nature reviews Neuroscience, 5*(3), 184-194.

Pagani, L. S., & Messier, S. (2012). Links between Motor Skills and Indicators of School Readiness at Kindergarten Entry in Urban Disadvantaged Children. *Journal of Educational and Developmental Psychology, 2*(1), 95-107.

Park, S.-Y., & Schott, N. (2022). The Immediate and Sustained Effects of Exercise-Induced Hemodynamic Response on Executive Function During Fine Motor-Cognitive Tasks Using Functional Near-Infrared Spectroscopy. *Journal of integrative neuroscience, 2*(3), 98.

Paulus, M. P., Squeglia, L. M., Bagot, K., Jacobus, J., Kuplicki, R., Breslin, F., Bodurka, J., Morris, A. S., Thompson, W. K., Bartsch, H., & Tapert, S. F. (2019). Screen media activity and brain structure in youth: Evidence for diverse structural correlation networks from the ABCD study. *NeuroImage (Orlando, Fla.), 185*, 140-153.

Penfiled, W., & Boldrey, E. (1937). Somatic Motor and Sensory Representation in the Cerebral Cortex of Man as Studied by Electrical Stimulation. *Brain, 60*(4), 389-443.

Peng, K., Steele, S. C., Becerra, L., & Borsook, D. (2018). Brodmann area 10: Collating, integrating and high level processing of

nociception and pain. *Progress in neurobiology, 161*, 1-22.

Peterburs, J., Blevins, L. C., Sheu, Y.-S., & Desmond, J. E. (2019). Cerebellar contributions to sequence prediction in verbal working memory. *Brain Structure and Function, 224*(1), 485-499.

Piaget, J. (1953). The origin of the intelligence in the child. London: Routledge.

Piek, J. P., Hands, B., & Licari, M. K. (2012). Assessment of motor functioning in the preschool period. *Neuropsychology Review, 22*(4), 402-413.

Pienaar, A. E., Barhorst, R., & Twisk, J. W. (2014). Relationships between academic performance, SES school type and perceptual-motor skills in first grade South African learners: NW-CHILD study. *Child : Care, Health and Development, 40*(3), 370-378.

Pitchford, N. J., Papini, C., Outhwaite, L. A., & Gulliford, A. (2016). Fine Motor Skills Predict Maths Ability Better than They Predict Reading Ability in the Early Primary School Years. *Frontiers in psychology, 7*, 783.

Ribner, A. D. (2020). Executive function facilitates learning from math instruction in kindergarten: Evidence from the ECLS-K. *Learning and Instruction, 65*, 101251.

Ribner, A., Devine, R. T., Blair, C., & Hughes, C. (2022). Mothers' and fathers' executive function both predict emergent executive function in toddlerhood. *Developmental science, 25*(6), e13263.

Riggs, K. J., Jolley, R. P., & Simpson, A. (2013). The role of inhibitory control in the development of human figure drawing in young children. *Journal of Experimental Child Psychology, 114*(4), 537-542.

Rinsky, J. R., & Hinshaw, S. P. (2011). Linkages between childhood executive functioning and adolescent social functioning and psychopathology in girls with ADHD. *Child Neuropsychology, 17*(4), 368-390.

Rodger, S., & Ziviani, J. (Eds.). (2006). Occupational therapy with children: Understanding children's occupations and enabling participation. Wiley-Blackwell.

Roebers, C. M., Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Jäger, K. (2014). The relation between cognitive and motor performance and their relevance for children's transition to school: A latent variable approach. *Human Movement Science, 33*, 284-297.

Röshland, B. (2006). Reaching and eye-hand coordination. In A. Henderson & C. Pehoski (Eds.), *Hand function in the child* (pp. 89-99). St Louis: Mosby.

Rubio-Codina, M., Attanasio, O., & Grantham-McGregor, S. (2016). Mediating pathways in the socio-economic gradient of child development: Evidence from children 6 - 42 months in Bogota. *International journal of behavioral development, 40*(6), 483-491.

Rueckriegel, S. M., Blankenburg, F., Burghardt, R., Ehrlich, S., Henze, G., & Mergl, R. (2008). Influence of age and movement complexity on kinematic hand movement parameters in childhood and adolescence. *International Journal of Developmental Neuroscience, 26*, 655-663.

Saccani, R., Valentini, N. C., Pereira, K. R., Müller, A. B., & Gabbard, C. (2013). Associations of biological factors and affordances in the home with infant motor development. *Pediatrics International, 55*(2), 197-203.

Sato, H., Yahata, N., Funane, T., Takizawa, R., Katura, T., Atsumori,

H., Nishimura, Y., Kinoshita, A., Kiguchi, M., Koizumi, H., Fukuda, M., & Kasai, K. (2013). A NIRS-fMRI investigation of prefrontal cortex activity during a working memory task. *Neuroimage, 83*, 158-173.

Schenker, N. M., Desgouttes, A.-M., & Semendeferi, K. (2005). Neural connectivity and cortical substrates of cognition in hominoids. *Journal of Human Evolution. 49*(5), 547-569.

Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., & Winner, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1060*(1), 219-230.

Schmitt, S. A., Geldhof, G. J., Purpura, D. J., Duncan, R., & McClelland, M. M. (2017). Examining the relations between executive function, math, and literacy during the transition to kindergarten: A multi-analytic approach. *Journal of Educational Psychology, 109*(8), 1120-1140.

Schmitt, S. A., Korucu, I., Napoli, A. R., Bryant, L. M., & Purpura, D. J. (2018). Using block play to enhance preschool children's mathematics and executive functioning: A randomized controlled trial. *Early childhood research quarterly, 44*, 181-191.

Serrien, D. J., Sovijärvi-Spapé, M. M., & Rana, G. (2014). Developmental Changes in Motor Control: Insights From Bimanual Coordination. *Developmental psychology, 50*(1), 316-323.

Sheldrick, R. C., & Perrin, E. C. (2013). Evidence-based milestones for surveillance of cognitive, language, and motor development. *Academic Pediatrics, 13*(6), 577-586.

Sheu, Y.-S., Liang, Y., & Desmond, J. E. (2019). Disruption of Cerebellar Prediction in Verbal Working Memory. *Frontiers in human neuroscience, 13*, 61.

Shi, P., & Feng, X. (2022). Motor skills and cognitive benefits in

children and adolescents: Relationship, mechanism and perspectives. *Frontiers in psychology, 13*, 1017825.

Shimada, S., & Hiraki, K. (2006). Infant's brain responses to live and televised action. *Neuroimage, 32*(2), 930-939.

Shinohara, I., & Moriguchi, Y. (2021). Are there sex differences in the development of prefrontal function during early childhood? *Developmental psychobiology, 63*(4), 641-649.

Shuvra, L. T., Islam, S. R., Zaman, N., & Hasan, A. (2018). Analysis of hemodynamic response function using fNIRS. *International Conference on Innovation in Engineering and Technology*, 1-6.

Silva, S. D., Flôres, F. S., Corrêa, S. L., Cordovil, R., & Copetti, F. (2017). Mother's Perception of Children's Motor Development in Southern Brazil. *Perceptual and motor skills, 124*(1), 72-85.

Simpson, A., Al Ruwaili, R., Jolley, R., Leonard, H., Geeraert, N., & Riggs, K. J. (2019). Fine Motor Control Underlies the Association Between Response Inhibition and Drawing Skill in Early Development. *Child development, 90*(3), 911-923.

Skelton, H., & Leclair, L. (2019.) The Early Development Instrument - Creation of a Fine Motor/Visual Motor Index. *Journal of occupational therapy, schools & early intervention, 12*(3), 284-297.

Smith, E., Anderson, A., Thurm, A., Shaw, P., Maeda, M., Chowdhry, F., Chernomordik, V., & Gandjbakhche, A. (2017). Prefrontal Activation During Executive Tasks Emerges Over Early Childhood: Evidence From Functional Near Infrared Spectroscopy. *Developmental neuropsychology, 42*(4), 253-264.

Son, S.-H., & Meisels, S. J. (2006). The relationship of young children's motor skills to later school achievement. *Merrill-Palmer Quarterly, 52*(4), 755-778.

Sortor, J, M., & Kulp, M. T. (2003). Are the Results of the

Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration and Its Subtests Related to Achievement Test Scores? *Optometry and vision science, 80*(11), 758-763.

Starcevic, A., & Filipovic, B. (2018). Prefrontal Cortex. IntechOpen.

Stewart, J. T. (2006). The frontal/subcortical dementias: Common dementing illnesses associated with prominent and disturbing behavioral changes. *Geriatrics, 61*, 23-27.

Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., Roberton, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C., & Garcia, L. E. (2008). A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest(National Association for Kinesiology in Higher Education), 60*(2), 290-306.

Strangman, G., Franceschini, M. A., & Boas, D. A. (2003). Factors affecting the accuracy of near-infrared spectroscopy concentration calculations for focal changes in oxygenation parameters. *NeuroImage(Orlando, Fla.), 18*(4), 865-879.

Suggate, S., & Stoeger, H. (2017). Fine motor skills enhance lexical processing of embodied vocabulary: A test of the nimble-hands, nimble-minds hypothesis. *Quarterly journal of experimental psychology, 70*(10), 2169-2187.

Suggate, S., Stoeger, H., & Fischer, U. (2017). Finger-Based Numerical Skills Link Fine Motor Skills to Numerical Development in Preschoolers. *Perceptual and Motor Skills, 124*(6), 1085-1106.

Suggate, S., Stoeger, H., & Pufke, E. (2017). Relations between playing activities and fine motor development. *Early child development and care, 187*(8), 1297-1310.

Sugihara, Y., Matsuura, T., Kubo, Y., & Ohgomori, T. (2021).

Activation of the Prefrontal Cortex and Improvement of Cognitive Performance with Standing on One Leg. *Neuroscience, 477*, 50-62.

Swick, D., Ashley, V., & Turken, A. U. (2008). Left inferior frontal gyrus is critical for response inhibition. *BMC neuroscience, 9*(1), 102.

Tanaka, C., Matsui, M., Uematsu, A., Noguchi, K., & Miyawaki, T. (2012). Developmental trajectories of the fronto-temporal lobes from infancy to early adulthood in healthy individuals. *Developmental neuroscience, 34*(6), 477-487.

Tsujimoto, S. (2008). The Prefrontal Cortex: Functional Neural Development During Early Childhood. *The Neuroscientist, 14*(4), 345-358.

Tsujimoto, S., Yamamoto, T., Kawaguchi, H., Koizumi, H., & Sawaguchi, T. (2004). Prefrontal cortical activation associated with working memory in adults and preschool children: an event-related optical topography study. *Cerebral cortex (New York, N.Y. 1991), 14*(7), 703-712.

Valadi, S. (2021). Association between home motor affordances and motor skills in daycare and non-daycare attending children. *Early child development and care, 192*(10), 1599-1607.

Valadi, S., & Gabbard, C. (2020). The effect of affordances in the home environment on children's fine and gross motor skills. *Early child development and care, 190*(8), 1225-1232.

Valadi, S., Gabbard, C., & Hooshyari, F. (2020). Effects of affordances in the home environment on children's personal-social, problem-solving, and communication skills. *Child Care Health Development, 46*, 429-435.

van der Fels, I. M. J., te Wierike, S. C. M., Hartman, E., Elferink

-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4–16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of science and medicine in sport, 18*(6), 697-703.

Venetsanou, F., & Kambas, A. (2016). Motor proficiency in young children: A closer look at potential gender differences. *Sage Open, 6*(1), 1-10.

Von Hofsten, C. (2007). Action in development. *Developmental science, 10*(1), 54-60.

Wang, H., Chen, Y., Liu, J., Sun, H., & Gao, W. (2020). A Follow-Up Study of Motor Skill Development and Its Determinants in Preschool Children from Middle-Income Family. *BioMed research international, 2020,* 6639341.

Wang, T.-N., Tseng, M.-H., & Wilson, B. N. (2009). Functional performance of children with developmental coordination disorder at home and at school. *Developmental Medicine & Child Neurology, 51*(10), 817-825.

Wang, Y.-C., Wickstrom, R., Yen, S.-C., Kapellusch, J., & Grogan, K. A. (2018). Assessing manual dexterity: Comparing the WorkAbility Rate of Manipulation Test with the Minnesota Manual Dexterity Test. *Journal of hand therapy, 31*(3), 339-347.

Ware, A. L., Kulesz, P. A., Williams, V. J., Juranek, J., Cirino, P., & Fletcher, J. M. (2016). Gray Matter Integrity Within Regions of the Dorsolateral Prefrontal Cortical-Subcortical Network Predicts Executive Function and Fine Motor Dexterity in Spina Bifida. *Neuropsychology, 30*(4), 492-501.

Watson, T. C., Becker, N., Apps, R., & Jones, M. W. (2014). Back to front: cerebellar connections and interactions with the

prefrontal cortex. *Frontiers in systems neuroscience, 8*, 4.

Webster, E. K., Martin, C. K., & Staiano, A. E. (2019). Fundamental motor skills, screen-time, and physical activity in preschoolers. *Journal of Sport and Health Science, 8*(2), 114-121.

Willems, R. M., Haegen, L. Van de., Fisher, S. E., & Francks, C. (2014). On the other hand: including left-handers in cognitive neuroscience and neurogenetics. Nature reviews. *Neuroscience, 15*(3), 193-201.

Willumsen, J., & Bull, F. (2020). Development of WHO guidelines on physical activity, sedentary behavior, and sleep for children less than 5 years of age. *Journal of physical activity & health, 17*(1), 96-100.

Witt, S. T., Laird, A. R., & Meyerand, M. E. (2008). Functional neuroimaging correlates of finger-tapping task variations: An ALE meta-analysis. *NeuroImage(Orlando, Fla.), 42*(1), 343-356.

Woll, A., & Everke, J. (2007). Cognition and motor activity in childhood correlation and causation. ICSSPE Bulletin Feature: *Physical Education in Early Childhood, 51*, 33-37.

Wu, M., Liang, X., Lu, S., & Wang, Z. (2017). Infant motor and cognitive abilities and subsequent executive function. *Infant behavior & development, 49*, 204-213.

Xie, S., Wu, D., Yang, J., Luo, J., Chang, C., & Li, H. (2021). An fNIRS examination of executive function in bilingual young children. *The international journal of bilingualism: cross-disciplinary, cross-linguistic studies of language behavior, 25*(3), 516-530.

Xu, S.-Y., Lu, F.-M., Wang, M.-Y., Hu, Z.-S., Zhang, J., Chen, Z.-Y., Armada-da-Silva, P. A. S., & Yuan, Z. (2020). Altered Functional Connectivity in the Motor and Prefrontal Cortex for Children With Down's Syndrome: An fNIRS Study. *Frontiers*

in human neuroscience, 14, 6.

Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2016). Executive function: Implications for education. U. S. Department of Education(p1-148).

Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2020). The Neurodevelopment of Executive Function Skills: Implications for Academic Achievement Gaps. *Psychology & Neuroscience, 13*(3), 273-298.

Zelazo, P. D., Lourenco, S. F., Frank, M. C., Elison, J. T., Heaton, R. K., Wellman, H. M., Slotkin, J., Kharitonova, M., & Reznick, J. S. (2021). Measurement of Cognition for the National Children's Study. *Frontiers in pediatrics, 9*, 603126.

Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., & Gao, Z. (2017). Effects of Physical Activity on Motor Skills and Cognitive Development in Early Childhood: A Systematic Review. *BioMed research international, 2017*, 2760716-2760728.

Zhang, Y., Li, C., Chen, D., Tian, R., Yan, X., Zhou, Y., Song, Y., Yang, Y., Wang, X., Zhou, B., Gao, Y., Jiang, Y., & Zhang, X. (2022). Repeated High-Definition Transcranial Direct Current Stimulation Modulated Temporal Variability of Brain Regions in Core Neurocognitive Networks over the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex in Mild Cognitive Impairment Patients. *Journal of Alzheimer's disease, 90*(2), 655-666.

Zoghi, A., Gabbard, C., Shojaei, M., & Shahshahani, S. (2019). The impact of home motor affordances on motor, cognitive and social development of young children. *Iranian journal of child neurology, 13*(2), 61-69.

부록

<가정 소근육운동 경험 설문지>

ID	

부모용 설문지

안녕하세요.
바쁘신 중에 귀중한 시간을 내어주셔서 진심으로 감사드립니다.

이 설문지는 **'가정에서의 소근육운동 경험'**을 알아보고자 작성 되었습니다.
오답이나 정답이 없으니, 평소 부모님의 생각과 느낌을 편안하고 솔직하게 답변해 주시면 됩니다.

일부 내용이 누락되면 연구 자료로의 활용이 어렵게 되오니, 각 항목을 주의 깊게 읽으시고 **한 문항도 빠짐 없이 응답해 주시기 바랍니다.** 조사를 통해 수집된 자료는 무기명으로 처리되며, 오직 유아의 발달에 관한 학문적 연구를 위해서만 사용될 것입니다. 다시 한 번 감사드립니다.

연구책임자: 박지은(서울대학교 사범대학 협동과정 유아교육전공 박사수료, pubu86@snu.ac.kr)

사회인구학적 정보에 대한 질문입니다. 잘 읽고 응답해 주십시오.		
◈ 다음은 **부모님**에 관한 질문입니다.		
1	이 설문지의 **응답자**는 누구입니까?	① 아버지 ② 어머니
2	부모님의 **최종학력**은 어떻게 되시나요? 2-1. 아버지 ( ) 2-2. 어머니 ( )	① 중학교 졸업 이하 ② 고등학교 졸업 ③ 2~3년제 전문대 졸업 ④ 4년제 이상 대학교 졸업 ⑤ 대학원 재학 이상
3	부모님의 **취업상태**는 어떻게 되시나요?	① 맞벌이 ② 외벌이(아버지) ③ 외벌이(어머니)
4	부모님의 **직업**은 어떻게 되시나요? 4-1. 아버지 ( ) 4-2. 어머니 ( )	<직업 예시> ① 관리자 ② 전문직 종사자 ③ 사무직 종사자 ④ 판매 · 서비스 종사자 ⑤ 농림어업 종사자 ⑥ 기능직 종사자 ⑦ 학생 ⑧ 주부 ⑨ 기타
5	가정의 **월평균 소득**은 어떻게 되시나요?	① 200만원 미만 ② 200만원 ~ 300만원 ③ 300만원 ~ 400만원 ④ 400만원 ~ 500만원 ⑤ 500만원 ~ 600만원 ⑥ 600만원 ~ 700만원 ⑦ 700만원 ~ 800만원 ⑧ 800만원 ~ 900만원 ⑨ 900만원 ~ 1000만원 ⑩ 1000만원 이상
◈ 다음은 **자녀**에 관한 질문입니다.		
6	자녀의 **생년월**은 어떻게 되나요?	( )년 ( )월
7	자녀의 **성별**은 어떻게 되나요?	① 남 ② 여
8	자녀의 **출생순위**는 어떻게 되나요?	① 외동 ② 첫째 ③ 둘째 ④ 셋째 이상
9	자녀가 평소 **어느 손**을 주로 사용하나요?	① 오른손 ② 왼손 ③ 양손

1) 가정환경: 자녀가 소근육운동 경험을 많이 할 수 있는 환경인가?

◎ 다음은 자녀가 가정에서 **소근육운동과 관련하여 이용할 수 있는 「물리적 환경」**에 관한 질문입니다. 다음의 **환경(재료)들이 가정에 있는지, 있다면 어느 정도 있는지** 해당하는 곳에 표시해 주시기 바랍니다.		전혀 없다	거의 없다	조금 있다	많이 있다	매우 많이 있다
1	그림을 그리거나 글씨를 쓸 때 사용하는 재료 (연필, 색연필, 사인펜, 크레파스, 베스 크레용 등)	①	②	③	④	⑤
2	그림을 그리거나 글씨를 쓸 수 있는 종이 (스케치북, 종합장, 이면지 등)	①	②	③	④	⑤
3	만들기를 할 때 사용할 수 있는 재료 (아동용 가위, 풀, 테이프 등)	①	②	③	④	⑤
4	물감 놀이를 할 때 사용할 수 있는 재료 (물감, 도트 물감, 붓, 글라스 데코 등)	①	②	③	④	⑤
5	종이접기를 할 때 사용할 수 있는 색종이	①	②	③	④	⑤
6	점토 놀이를 할 수 있는 재료 (클레이 점토, 천사 점토, 찰흙, 슬라임 등)	①	②	③	④	⑤
7	조립식 장난감(블록, 레고, 아이링고, 맥포머스 등)	①	②	③	④	⑤
8	퍼즐, 칠교놀이 등의 조각 놀잇감	①	②	③	④	⑤
9	비즈공예(비즈로 액세서리 만들기, 아쿠아 비즈 만들기 등)	①	②	③	④	⑤
10	나사와 너트로 구성된 조였다 풀었다 공구놀이	①	②	③	④	⑤
11	떼었다 붙였다 스티커 놀이(스티커북)	①	②	③	④	⑤
12	아이가 손으로 연주할 수 있는 악기 (피아노, 바이올린, 드럼, 탬버린, 캐스터네츠 등)	①	②	③	④	⑤
13	식사 시간에 아이가 사용할 수 있는 젓가락 (교정용 젓가락, 아동용 젓가락 등)	①	②	③	④	⑤
14	아이가 스스로 사용하기 편한 가볍고 내구성이 좋은 플라스틱, 스테인리스, 실리콘 소재의 유아용 컵	①	②	③	④	⑤
15	아이가 두 손으로 껍질을 벗겨 먹을 수 있는 간식 (귤, 계란, 고구마 등)	①	②	③	④	⑤
16	아이가 스스로 빨대를 구멍에 꽂아 먹거나 양손을 이용하여 열어 먹을 수 있는 우유팩	①	②	③	④	⑤
17	양치 시간에 아이가 스스로 치약을 짜고 양치 연습을 할 수 있는 유아용 양치 도구	①	②	③	④	⑤
18	아이가 스스로 입고 벗기 편한 옷	①	②	③	④	⑤
19	아이가 스스로 단추를 잠그고 푸는 연습을 할 수 있는 단추가 있는 겉옷	①	②	③	④	⑤
20	아이가 묶고 풀 수 있는 끈이나 리본 등이 있는 신발	①	②	③	④	⑤

2) 운동빈도: 자녀가 가정에서 소근육운동을 얼마나 하고 있는가?

◎ 다음은 **자녀의 「소근육운동 빈도」**에 관한 질문입니다. 자녀가 가정에서 다음의 **소근육운동을 하는지, 한다면 어느 정도 하는지** 해당하는 곳에 표시해 주시기 바랍니다.		전혀 하지 않는다	거의 하지 않는다	가끔 한다	많이 한다	매우 많이 한다
1	연필, 색연필, 사인펜, 크레파스, 베스 크레용 등을 사용하여 그리기나 글씨 쓰기를 한다.	①	②	③	④	⑤
2	아동용 가위, 풀, 테이프 등을 사용하여 자르고 붙이는 만들기를 한다.	①	②	③	④	⑤
3	물감, 도트 물감, 붓, 글라스 데코 등으로 물감 놀이를 한다.	①	②	③	④	⑤
4	색종이로 종이접기를 한다.	①	②	③	④	⑤
5	클레이 점토, 천사 점토, 찰흙, 슬라임 등으로 조물조물 점토 놀이를 한다.	①	②	③	④	⑤
6	블록, 레고, 아이링고, 맥포머스 등으로 쌓고 조립하는 놀이를 한다.	①	②	③	④	⑤
7	손가락으로 스티커를 떼었다 붙였다 하며 놀이한다.	①	②	③	④	⑤
8	나사와 너트를 조였다 풀었다 공구놀이를 한다.	①	②	③	④	⑤
9	다양한 모양과 크기의 비즈를 끈에 끼워 팔찌, 목걸이 등을 만드는 비즈공예를 한다.	①	②	③	④	⑤
10	피아노, 바이올린, 드럼, 탬버린, 캐스터네츠 등 손으로 연주하는 악기로 놀이한다.	①	②	③	④	⑤
11	식사 시간에 젓가락을 사용하여 음식을 집어먹는다.	①	②	③	④	⑤
12	물을 마실 때, 물통을 직접 손으로 들고 물을 컵에 따라 마신다.	①	②	③	④	⑤
13	우유를 마실 때, 우유팩을 혼자 힘으로 열어 마신다.	①	②	③	④	⑤
14	귤, 계란, 고구마 등 껍질이 있는 음식을 먹을 때, 스스로 껍질을 벗겨 먹는다.	①	②	③	④	⑤
15	혼자 힘으로 과자봉지를 개봉하여 먹는다.	①	②	③	④	⑤
16	양치 시간에 부모님 도움 없이 스스로 치약을 짜고 양치를 한다.	①	②	③	④	⑤
17	속옷과 겉옷, 양말 등을 스스로 입고 벗는다.	①	②	③	④	⑤
18	옷을 입고 벗을 때, 혼자 힘으로 단추를 잠그고 푼다.	①	②	③	④	⑤
19	부모님 도움 없이 신발 끈이나 리본을 묶는다.	①	②	③	④	⑤
20	차에 타면 부모님 도움 없이 안전벨트를 맨다.	①	②	③	④	⑤

3) 부모인식: 자녀의 소근육 발달과 소근육운동 경험에 대한 부모의 생각은 어떠한가?

구분	◎ 다음은 부모님에 관한 질문입니다. **자녀의 소근육 발달과 관련하여 유아기 소근육운동 발달과 소근육운동 경험에 대한 입장이 어떠한지** 해당하는 곳에 표시해 주시기 바랍니다.		전혀 그렇지 않다	별로 그렇지 않다	보통이다	대체로 그렇다	매우 그렇다
발달	1	유아기에 소근육운동 기술의 발달이 중요하다고 생각한다.	①	②	③	④	⑤
	2	유아기 소근육 발달이 두뇌발달과 관련이 있음을 알고 있다.	①	②	③	④	⑤
	3	유아기 소근육운동이 인지발달에 긍정적인 영향을 미침을 알고 있다.	①	②	③	④	⑤
	4	소근육을 많이 사용한 유아가 학령기에 학업능력이 우수하다는 것을 알고 있다.	①	②	③	④	⑤
	5	유아기 소근육운동 기술이 연령에 맞게 잘 발달할 수 있도록 적절한 자극을 제공할 필요가 있다고 생각한다.	①	②	③	④	⑤
지원	6	자녀의 소근육 발달에 대하여 관심을 갖고 소근육운동 기술을 향상시키기 위하여 노력하고 있다.	①	②	③	④	⑤
	7	자녀의 소근육 발달을 위하여 일상생활에서 조금 어렵다고 생각되는 과제들도 시도해 볼 수 있도록 하고 있다(음료수 뚜껑 스스로 열어보기, 지퍼 스스로 올리고 내리기 등).	①	②	③	④	⑤
	8	자녀의 소근육 발달을 위한 가정의 놀이 환경(놀이 재료 및 공간 배치)이 잘 갖추어져 있다고 생각한다.	①	②	③	④	⑤
	9	자녀의 하루 일과 중 소근육 발달을 위한 놀이 시간이 충분하다고 생각한다.	①	②	③	④	⑤
	10	자녀가 소근육운동 활동 시, 함께 참여하고 있다.	①	②	③	④	⑤
교육	11	유아교육기관에서 소근육운동 기술의 발달을 위한 다양한 활동 및 교육 프로그램이 진행되었으면 한다.	①	②	③	④	⑤
	12	자녀의 소근육운동 기술의 체계적인 발달을 위하여 부모를 위한 교육 프로그램 및 자료가 필요하다고 생각한다.	①	②	③	④	⑤
	13	자녀의 소근육운동 기술의 발달을 돕는 부모를 위한 교육 강좌 및 관련 도서가 있다면 이용할 생각이 있다.	①	②	③	④	⑤
	14	아이들의 소근육운동 기술의 향상을 위한 다양한 교재교구의 개발이 필요하다고 생각한다.	①	②	③	④	⑤
	15	아이들의 소근육운동 기술의 향상을 돕는 새롭고 유익한 교재교구가 개발되면 구입하여 사용할 생각이 있다.	①	②	③	④	⑤

응답하지 않으신 문항이 있는지 다시 한 번 확인 부탁드립니다.

조사에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다.☺

Abstract

Relationship between home-based fine motor experience, fine motor skill, and executive function in young children : Confirmation of prefrontal cortex activation using f-NIRS

Park, Jieun
Interdisciplinary Program in Early Childhood Education
College of Education
Seoul National University

This study examines the relationship between fine motor skills and executive functions in young children, investigating whether fine motor skills can predict executive functions, and discerning specific regions of the prefrontal cortex that are activated while using fine motor skills. Furthermore, in order to consider environmental influence, the role of home-based fine motor experience was observed in predicting children's fine motor skill development. While numerous studies confirm a positive relationship between motor skills and cognitive function in early childhood, fewer scrutinize this connection within the context of home-based motor experience. Specifically, a paucity of research exists on the relation between children's fine motor skills, and the activation levels in the prefrontal cortex during

fine motor tasks. To address this gap, the current study explores the relationship between fine motor skills and executive functions, assessing the predictive power of each fine motor skill subfactor for executive function, and observing the specific areas and intensity of prefrontal cortex activation during the fine motor task performance. Additionally, this study aims to explore the relationship between fine motor skills and executive functions in a more specific and scientific manner by examining whether home-based fine motor experiences, as environmental factors, hold explanatory power over children's fine motor skills.

Data from 107 five-year-old children and their parents from six early childhood education centers in Gyeonggi Province were collated and analyzed. Assessments were conducted on young children to measure their performance on fine motor skills (including fine motor precision, fine motor integration, and manual dexterity), degree of prefrontal cortex activation during fine motor skills tasks, and executive functions. Parents provided demographic data and information about their children's home-based fine motor activities. Data were processed using IBM SPSS Statistics 23 and OBELAB NIRSIT LITE Analysis Tool 3.6.2, and analyzed with descriptive statistics, independent samples t-tests, and regression analysis. The key results are as follows.

First, findings revealed gender differences in main variables, with girls scoring significantly higher in all sub-factors of home-based fine motor experiences (overall home-based fine motor experience, parental perception, home environment, frequency of motor). In terms of fine motor skills, girls significantly outperformed boys in overall scores and in two sub-factors (fine motor precision and fine motor integration), excluding manual dexterity. Furthermore, during the

performance of fine motor tasks, the degree of prefrontal cortex activation in girls was also significantly higher than in boys. As for executive function, girls outpaced boys in overall scores and inhibitory control, but no gender differences were found in shifting and visual/auditory working memory. Second, a regression analysis, controlling for gender, indicated that fine motor skill, particularly manual dexterity, predicted all aspects of executive function, with fine motor precision specifically predicting auditory working memory. Third, children's performance of fine motor tasks elicited activation in the dorsolateral (Broadman Area 46) and anterior prefrontal cortex (Broadman Area 10), with the dorsolateral region, closely associated with executive function, showing activation across all five assessed tasks. Regression analysis, with gender as a control variable, was further performed to examine the relationship between home-based fine motor experience and children's fine motor skills. Findings revealed that home-based fine motor experiences and subfactor's home environment significantly predict children's overall fine motor skills, also the home environment and frequency of motor significantly predict manual dexterity. Parental perception of fine motor skills and the frequency of home-based fine motor activities significantly predicted prefrontal cortex activation during fine motor tasks.

This research investigated distinct contributions of subfactors of fine motor skills to executive function subfactors in early childhood and confirmed the neural link between these skills. Moreover, by probing whether home-based fine motor experiences as environmental factors predicted children's fine motor skills, the relationship between home-based fine motor experience and children's fine motor skills was validated. These findings underscore the crucial role of fine motor skills during early childhood, suggesting the need for targeted

interventions and the development of strategies aimed at enhancing the quality and quantity of home-based fine motor experiences to bolster children's executive functions.

keywords : young children, home-based fine motor experience, fine motor skill, prefrontal cortex activation, executive function

Student Number : 2016-30452