

자폐스펙트럼장애 아동 대상 리드믹 운동과제 평가 연구 메타분석*

유가을**, 윤예은***

본 연구는 자폐스펙트럼장애(ASD) 아동의 운동조절을 평가하기 위해 리드믹 운동과제를 포함한 국외 실험연구를 고찰하고 분석하고자 하였다. 이를 위해 ASD로 진단받은 아동과 신경학적 손상이 없는 대조군(TD)을 대상으로 하고 리드믹 탭핑, 리드믹 운동, 동기화 등 운동조절 관련 변인을 포함하고 있는 국외 실험연구를 선정하였다. 총 10개의 연구가 최종 선정되었고, 해당 연구에 포함된 운동조절 관련 변인과 사용된 청각 자극, 측정 방법 등을 분석하였다. 또한 ASD 아동과 TD 아동의 리드믹 운동과제 수행력 차이를 확인하기 위해 메타분석을 실시하였다. 연구 결과, 리드믹 운동과제를 통해 운동조절을 평가할 때 목표된 변인은 다섯 가지로 운동 타이밍 조절, 타이밍 재산출, 양손 협응, 동기화, 대인 간 동기화가 포함되었고, 각 과제는 움직임의 정확도(accuracy)와 정밀도(precision)의 측면에서 분석됨을 알 수 있었다. 또한 리드믹 운동과제 수행력과 사회기술 지표의 상관관계가 보고됨을 확인할 수 있었다. 메타분석 결과, ASD 그룹은 청각 자극에 맞추어 움직이다가 자극이 소거된 후에도 동일한 움직임을 지속하는 타이밍 재산출 지표에 있어서는 TD 그룹과 유의한 차이가 없는 반면, 외부 자극(청각적 큐나 타인)에 동기화하고 움직임을 일관적으로 조절하는 데 있어서는 유의하게 낮은 수행 수준을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 리드믹 운동과제가 음악치료 임상 현장에서 ASD 아동의 운동조절뿐만 아니라 사회기술을 평가하는 효과적인 방안이 될 수 있음을 시사한다.

핵심어 : 자폐스펙트럼장애, 운동조절, 리드믹 탭핑, 동기화, 메타분석

*이 논문은 2018년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2018S1A5B5A07073749)

**주저자 및 교신저자: 이화여자대학교 대학원 음악치료학과 초빙교수, 음악중재전문가(KCMT) (bbird27@hotmail.com)

***공동저자: 이화여자대학교 예술교육치료연구소 연구원, 음악중재전문가(KCMT)

I. 서론

자폐스펙트럼장애(Autism Spectrum Disorder, 이하 ASD)는 사회적 의사소통 및 상호작용의 결함과 제한적이고 반복적인 행동 양상을 보이는 신경발달장애이다(American Psychiatric Association [APA], 2013). 지금까지는 ASD 아동이 보이는 사회적 의사소통 및 상호작용의 결함에 대한 문헌이 주도적으로 많은 비중을 차지했지만, 점차적으로 제한적이고 반복적인 행동, 즉 이상(atypical) 운동기능에 대한 관심이 증가하고 있다(Bhat, Landa, & Galloway, 2011; Donnellan, Hill, & Leary, 2013; Fournier, Hass, Naik, Lodha, & Cauraugh, 2010). ASD 아동의 이상 운동은 정형화된(stereotyped) 움직임이나 감각 자극에 대한 과잉 혹은 과소 반응 등으로 나타나는데(Lord & Bishop, 2015), 이는 운동기술 발달 자체의 문제라기보다는 감각정보를 지각하고 이를 바탕으로 운동을 계획하고 실행, 조절하는 과정에 어려움이 있기 때문인 것으로 보고된다(Donnellan et al., 2013). 걷거나 뛰기, 상지 움직임 자체에는 어려움이 없지만 특정한 소리에 반응하여 동일한 동작을 반복하기도 하고 환경이나 타인으로부터 요구된 타이밍이나 움직임의 패턴에 맞추는 데 어려움을 보일 수도 있는데, 이것이 지각-운동 연합(perceptual-motor integration)의 이상에 기인한다는 것이다(Bhat et al., 2011).

지각-운동 연합의 이상으로 인한 운동조절의 어려움은 사회기술 발달과도 밀접한 관련이 있다. 사회기술이 타인의 의도나 상황적 맥락을 이해하는 능력뿐만 아니라 해당 맥락에서 적절한 행동을 시도하고 또한 그 행동을 조절하는 능력을 요구하기 때문이다(Schmidt, Fitzpatrick, Caron, & Mergeche, 2011). 대화를 위해 차례를 지키며 언어 행동을 번갈아가며 시도하기, 타인과 악수하기 위해 타이밍을 맞추고 움직임의 범위나 지속시간을 조절하기 등에서 볼 수 있는 것처럼 많은 기본 사회기술에는 운동조절이 요구되고(Whyatt, 2018), 이에 운동조절 기능의 발달이나 장애가 사회기술 발달에도 영향을 미친다. 이러한 지각-운동 연합 및 운동조절과 사회기술 사이의 연관성은 신경학적인 근거를 통해 확인할 수 있다. 거울신경(mirror neuron) 시스템은 타인의 행동 관찰과 행동의 실제 수행 시 활성화되는 뇌 영역이 동일하다고 설명하는 기제로 모방이나 사회기술에 요구되는 운동조절이 작동하는 방식을 보여준다. ASD 아동의 경우 해당 시스템의 이상으로 인해 사회기술 발달의 결함이 있다고 보는데(Ramachandran & Oberman, 2006) 이것만으로 ASD 아동의 증상을 설명하기에는 충분하지 않다는 논의도 이루어지고 있다(Hamilton, 2013). 하지만 거울신경을 통해 ASD 아동이 지각한 움직임의 표상을 만들고 표상화된 움직임을 산출하는 데 어려움이 있음을 설명할 수 있어 해당 아동의 지각-운동 연합 이상을 보여주는 중요한 근거가 되고 있다.

운동조절과 사회기술의 연관성은 동기화(synchronization), 동시성(synchrony) 등을 통해서도 확인된다. 동기화는 눈맞춤에서부터 정서, 언어 등의 측면에서 두 사람이 시간적으로 일치하는 상태를 의미하는데, 운동적인 측면에서는 두 사람 이상의 사이에서 리드미한 움직임의

타이밍이 조율되고 일치되는 상태를 말한다(Cacioppo et al., 2014). 사회기술과 관련하여 이러한 리드믹한 움직임의 조율에 관심이 증가하게 된 것은 합주나 댄스 등 실제 환경에서 외부 청각 자극에 맞추어 움직임을 조절하는 행동이 주로 사회적 맥락에서 나타나기도 하고, 타인과 동시에 동일한 움직임을 시도한 경험이 실제로 타인에 대해 지각하는 바에도 영향을 미치기 때문이다. 타인과 타이밍을 맞추어 동일한 움직임을 시도한 대상자들은 그 경험을 공유한 타인에게 느끼는 호감(Hove & Risen, 2009)이나 타인과 함께한 것 같다는 느낌(Valdesolo, Ouyang, & DeSteno, 2010)을 많이 가지는 것으로 나타났다. ASD 성인의 경우에도 손으로 두드리는 과제를 수행할 때, 자신의 속도와 동일한 속도로 두드리는 타인이 있었던 그룹이 다른 속도로 두드리는 타인이 있었던 그룹보다 타인에 대한 공감 지수가 높았다(Koehne, Hatri, Cacioppo, & Dziobek, 2016).

운동조절과 사회기술의 관련성에 대한 연구가 반복적으로 보고되면서(Donnellan et al., 2013; Linkenauger, Lerner, Ramenzoni, & Proffitt, 2012), ASD 아동 대상 치료나 교육 과정에서 운동조절의 측면을 고려해야 하는 중요성 역시 강조되고 있다. 음악치료 분야에서도 이러한 변화가 반영된 접근법이 제기되고 있는데, 관련 접근법에 있어서는 특히 리듬 요소의 적용이 효과적인 전략으로 부각된다(LaGasse & Hardy, 2013). 운동조절에 개입할 수 있는 리듬의 적용 가능성은 신경학적 손상 환자 대상 연구 결과를 통해 뒷받침되는데, 규칙적이고 일정한 패턴의 리듬은 인지적인 과정을 거치지 않고 운동시스템에 직접적으로 동기화되고(Thaut, McIntosh, & Hoemberg, 2015) 실제로 반복적인 리드믹 큐가 제공되었을 때 뇌손상 환자들의 운동기능, 특히 리드믹한 운동인 보행 기능의 향상을 이끌어낼 수 있었다(Chong, Lim, & Hwang, 2018; Yoo & Kim, 2018). 리듬 요소의 적용은 리드믹 큐의 활용뿐만 아니라 리드믹한 움직임을 수행하게 하는 과정에서도 확인된다. ASD 아동 그룹의 사회기술 향상을 목표로 한 선행 연구(LaGasse, 2014)에서는 감각정보 처리 이상과 운동기능의 결합이 사회적 정보에 주의를 기울이고 타인과의 상호작용에서 기대되는 움직임을 수행하는 것을 제한한다는 점을 고려해 신체 움직임을 유도하는 절차를 그룹 활동 사이에 포함시켰다. 이 때 사용된 음악의 리드믹한 구조는 유도된 움직임의 시간적 틀을 제공해 움직임의 계획 및 조절을 촉진시킬 뿐 아니라 운동 시도에 대한 피드백을 강화할 수 있었다.

운동조절과 사회기술의 관련성을 바탕으로 ASD 아동을 이해하고 이를 중재 방향에 반영하는 이러한 시도는 의미 있는 결과를 가져왔고, 이를 통해 해당 대상군을 위한 음악치료 접근법의 확장에 기여할 수 있지만 그 타당성과 재현가능성(replicability)을 확보하기 위해서는 중재 효과를 체계적, 객관적으로 확인한 근거가 필요하다. 지금까지 ASD 아동의 사회기술 향상을 위한 음악치료 근거를 확인하는 방법으로는 중재 안에서 나타난 사회 행동에 대한 직접 관찰 평가가 가장 많았고, 그 뒤를 이어 가정이나 학교와 같은 사회적 환경에서 나타나는 전반적인 사회기술에 대해 보호자나 교사가 평정한 평가가 자주 사용되는 것으로 나타났다

(LaGasse, 2017; Yoo, 2016). 사회 행동의 직접 관찰은 ASD 아동이 시도한 행동의 구체적인 양상까지 확인할 수 있다는 장점이 있는 반면, 해당 기술과 행동의 습득이 이루어지기 전까지는 변화의 정도를 민감하게 평가하거나 대상자의 발달 수준에 따른 습득 가능성을 확인하는데 제한이 있다. 전반적인 사회기술에 대한 평정 평가는 중재를 통해 습득된 기술이 다양한 사회적 맥락으로 일반화되었는지를 평가함으로써 특정한 기술 습득에서 나아가 사회적 능력의 변화를 확인할 수 있는 반면, 해당 평가를 통해 중재에서 목표한 구체적인 기술이나 하위 요인까지 타당하게 평가할 수 있는지에 대한 논의가 필요하다(Anagnostou et al., 2015). 각 평가 방법의 장단점과 더불어 ASD 아동이 보이는 개별 차이로 인해 사회기술 발달수준 및 중재를 통한 변화에 대한 평가는 다각적으로 이루어져야 함이 강조되고 있다.

이러한 주장은 음악치료 임상 현장에도 동일하게 적용되어야 하므로, 운동조절과 사회기술의 연관성을 바탕으로 음악치료 접근 방식의 변화가 이루어지고 있는 현 시점에서 이러한 접근법의 변화를 반영할 수 있는 사회기술에 대한 평가 방식의 확장에 대한 논의 역시 필요할 것이다. 리듬에 맞추어 악기를 연주하거나 신체를 움직이는 리드미한 행동, 사회적 맥락에서의 움직임을 조절하는 과제가 다양한 방식으로 음악치료 중재에서 적용되고 있고, 또한 리드믹 큐 혹은 음악에 맞추어 움직임을 조절하는 행동이 운동조절뿐만 아니라 사회기술과도 연관이 있다면, 리드미한 음악 행동을 요구하는 과제의 수행 수준이 ASD 아동의 변화를 보여주는 지표로서 어떻게 적용될 수 있을지 확인할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 리드믹 운동과제를 통해 ASD 아동의 운동조절을 평가하는 실험연구가 지금까지 어떻게 시도되어 왔는지 고찰하고, 관련 연구에 포함된 리드믹 운동과제의 유형과 세부 내용, 관련 요소를 분석하고자 한다. 또한 메타분석을 통해 해당 대상군이 신경학적 손상이 없는(typically developing, 이하 TD) 유사한 연령의 일반 아동의 수행 수준 간 차이를 통합적으로 분석함으로써, 리드믹 운동과제를 통해 ASD 아동의 운동조절 양상을 이해하고 평가할 때 어떠한 요인이 고려되어야 하는지, 또한 이러한 점이 음악치료 임상, 특히 다각화된 음악치료 평가 방안의 확대와 관련해 어떤 점을 시사할 수 있는지 알아보하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 논문 선정 기준

본 연구에서는 다음과 같은 기준에 근거해 분석 대상 논문을 선정하였다. 첫째, 연구 대상으로 자폐스펙트럼장애 유아 및 아동, 청소년을 포함한 연구를 선정하였다. 둘째, 리드믹 운동과제와 관련하여, ‘rhythmic tapping,’ ‘drumming,’ ‘rhythmic playing,’ ‘timed movement,’ ‘rhythm

production,’ ‘timing production,’ ‘rhythm reproduction,’ ‘timing reproduction,’ ‘synchronization,’ ‘synchrony,’ ‘interpersonal synchronization’ 등의 용어를 제목이나 초록에 포함한 연구를 검색하였다. 검색된 연구 중 위의 개념이 의도성을 가진 운동과제(예를 들어, 드럼 두드리기)로 평가된 연구만을 선정하였다. 본 연구는 운동을 의도적으로 조절하는 것과 관련된 기능에 초점을 맞추고 있기 때문에 자연스럽게 혹은 의도나 자발성을 유도하지 않은 채 이루어지는 움직임(예를 들어, 의자에 앉아 흔들기)을 포함한 연구는 배제하였다. 셋째, 신경학적 손상이 없는 대조군을 포함한 연구를 선정하였다. 넷째, 선정 논문을 위의 검색어를 포함하고 있는 실험연구로 제한하였다. 영문으로 작성해 국외 학술지에 게재된 논문으로 위의 선정 기준에 부합한 연구를 선정하였고, 학위 논문은 포함시키지 않았다. 두 연구자가 각각 자료를 추출하여 일치하는 정도를 비교하였고, 합의 과정을 통해 최종 분석 논문을 선정하였다.

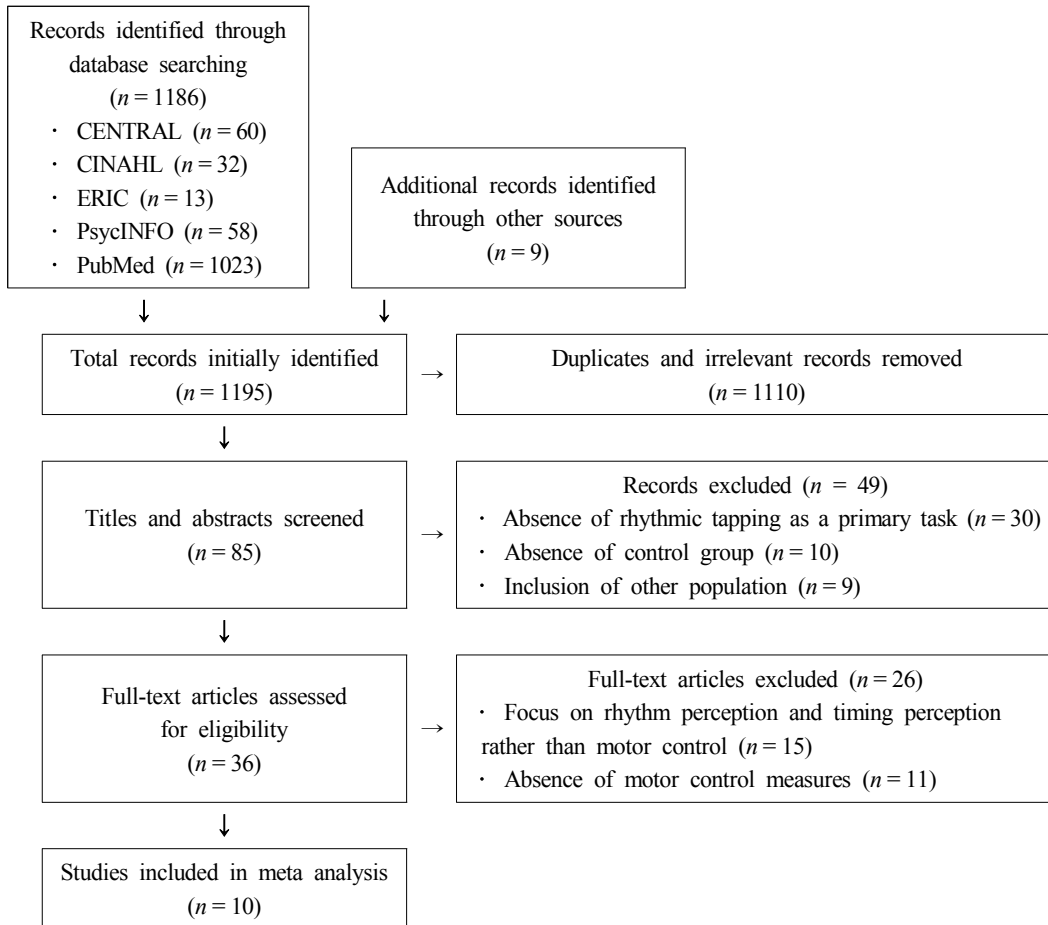
2. 논문 검색

본 연구에서는 전자데이터베이스 CINAHL, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), ERIC, PsycINFO, PubMed를 이용하여 위의 선정 기준에 부합한 국외 학술지 게재 연구를 검색하였다. 초기 검색 결과, CENTRAL에서 60편, CINAHL에서 32편, ERIC에서 13편, PsycINFO에서 58편, PubMed에서 1023편, 관련 학술지에 대한 수기 검색 9편으로 총 1195편이 검색되었다. 이 중에서 중복 검색된 연구와 관련 없는 연구를 1차 제외한 후, 남은 85편 중 제목과 초록 검토를 통해 추가 제외하였고, 이후 36편의 원문을 검토해 선정 기준에 부합하지 않는 연구를 제외하였다. 이러한 과정을 통해 총 10편의 연구가 최종 분석 과정에 포함되었다. 연구 검색과 선정 과정은 <Figure 1>에 제시되어 있다.

3. 분석 방법

본 연구에서는 ASD 아동을 대상으로 리드믹 운동과제를 적용한 실험연구를 대상으로 운동 조절의 측면에서 포함된 변인, 세부 과제의 내용과 적용된 외부 청각 자극을 분석하였다. 각 측정 변인은 외부 청각 자극의 유무(자가 운동조절 대 동기화), 타인의 유무(동기화 대 대인간 동기화) 등의 측면에서 분류하여 분석하고자 하였고, 각 변인을 측정하기 위해 적용된 지표 역시 분석하였다. 또한 각 문헌에 리드믹 운동과제와 사회성을 포함해 타 발달 영역과 관련성이 분석되었는지, 분석되었다면 어떠한 관련성이 보고되었는지 알아보았다.

또한 본 연구에서는 ASD 아동이 TD 대조군과 비교해 운동조절의 측면에서 어떠한 양상을 보였는지 선정된 연구의 결과를 분석하고, 거기에서 나아가 사회기술과의 관련성까지 분석된 연구들을 살펴봄으로써 리드믹 운동과제가 ASD 아동을 위한 중재에서 운동조절의 측면뿐만



<Figure 1> Flow of information through the review.

아니라 사회기술의 측면에서 활용될 수 있는 가능성에 대해 알아보고자 하였다. ASD 대상군이 TD 대조군과 어떠한 지표에서 어떠한 차이를 보이는지 체계적으로 분석하기 위해서는 메타분석을 실시하였다. 통계분석을 위해서는 Review Manager(RevMan V.5.3) 프로그램을 사용하였다. 각 변인별로 표준화된 평균 차이(standardized mean differences, 이하 SMD)가 95%의 신뢰 구간에서 산출되었다. 각 변인 안에서 지표 간에 측정된 수치가 다르게 해석되는 경우, 예를 들어 정확하게 수행된 반응을 측정하는 지표는 수치가 증가할수록 수행 수준이 높아짐을 의미하고 오류를 측정하는 지표는 수치의 감소가 수행 수준의 증가를 의미하는 경우, 역방향으로 해석되는 지표에 -1을 곱해 모든 수치의 변화가 같은 방향으로 해석되도록 보정하였다. 이렇게 산출된 SMD를 바탕으로 고정효과 모형을 이용해 통합효과크기(pooled estimate)를 측정하였고 분석 대상 논문 간 이질성(heterogeneity)은 I^2 통계를 통해 확인하였다. I^2 값이

25% 이하이면 이질성 수준이 낮은 것으로, 50% 이상이면 중등도의 이질성, 75% 이상이면 이질성 수준이 높은 것으로 분석하였다. 출판 비뮌림(publication bias)을 탐색하기 위해서는 깔때기 그림(funnel plot)을 그리고, 결과적으로 그려진 산점도의 대칭성을 확인해 출판 비뮌림의 가능성을 판단하고자 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

본 연구에서는 ASD 아동을 대상으로 리드믹 운동과제를 실시하여 그 수행 수준을 TD 아동과 비교 평가한 국외 실험연구를 고찰하고자 하였고, 선정 기준에 부합한 총 10편의 연구를 최종 선정해 분석하였다. 선정 연구에 포함된 ASD 아동은 총 233명, TD 아동은 총 267명으로, 7세 이하의 아동을 대상으로 한 연구가 2편(20%), 학령기 아동 대상 연구가 3편(30%), 청소년 대상 연구가 3편(30%), 학령기 아동과 청소년을 모두 포함한 연구가 2편(20%)이었다. 평균 연령이 보고되지 않은 1개 연구를 제외한 상태에서 선정 연구 내 대상자의 평균 연령은 ASD 그룹 11.0세, TD 그룹 10.4세이다. 선정된 연구 중 7개(70%)가 ASD 그룹과 TD 그룹의 인지 발달 수준을 통제한 것으로 보고했고, 이 중 6개의 연구가 웨슬러지능검사 등을 통해 평균 범주의 지능 지수를 보인 ASD 아동을 대상으로 진행하였다. 각 개별 연구에 포함된 대상자의 기본 정보는 <Table 1>에 제시되어 있다.

선정된 연구에서 목표로 한 변인과 그에 따라 시행된 검사 혹은 과제의 세부 내용은 <Table 2>에 제시하였다. ASD 아동의 리드믹 운동과제 수행을 통해 측정하고자 한 변인은 총 5개로, 의도적인 움직임 실행하면서 그 간격을 조절하고 유지하는 운동 타이밍 조절(timed movement control), 양손의 움직임을 조화롭게 조절하는 양손 협응(bimanual coordination), 외부 청각 자극에 맞추어 자신의 움직임을 조절하는 동기화(synchronization), 제시된 연속적인 자극의 속도를 동일하게 산출해내는 타이밍 재산출(timing reproduction), 타인의 움직임 속도에 맞추어 자신의 움직임을 조절하는 대인 간 동기화(interpersonal synchronization)가 포함되어 있다. 이 중 동기화를 측정한 연구가 5개로 가장 많았고, 그 뒤를 이어 타이밍 재산출을 변인으로 포함한 연구가 4개였다. 양손 협응을 변인으로 포함한 연구는 3개, 운동 타이밍 조절과 대인 간 동기화를 포함한 연구가 각각 2개씩이었다. 이러한 리드믹 운동과제 관련 변인이 ASD 아동 대상 연구에 포함된 경향에 있어 시간에 따른 변화 추이가 있는지 살펴본 결과, 한 편의 연구(Sheridan & McAuley, 1997)를 제외한 연구는 모두 최근 10년 안(2012-2018년)에 실시된 것이었고, 그 기간 동안에는 특정한 추이를 보이기보다 포함된 전 시기에 걸쳐 비교적 고르게 포함되는 경향이 있었다. 단, 대인 간 동기화의 경우, 분석에 포함된 2개의 연구 모두 가장 최근(2018년)에 출판된 것으로 나타났다.

<Table 1> Characteristics of Participants in Included Studies

Study	ASD				TD				Measures for group matching on developmental level
	N	Sex (M:F)	Age, years (M±SD)	Diagnostic tools	N	Sex (M:F)	Age, years (M±SD)		
Fitzpatrick et al. (2013)	11	10:10	6.37 (range 4.9-7.4)	DSM-IV-TR, ADOS	7	4:3	5.9 (range 4.9-7.4)	NR	
Fitzpatrick et al. (2017)	45	39:60	8.7±1.3	DSM-IV, ADOS-2	53	40:13	8.3±1.4	Language and cognitive development	
Isenhower et al. (2012)	7	6:10	3.9±0.1	DSM-IV-TR, ADOS, ADI-R	7	4:3	3.6±1.0	Motor subscales (MSEL)	
Kaur et al. (2018)	24	22:20	High IQ group: 7.4±0.6 Low IQ group: 8.7±0.6	ADOS-2	12	9:3	7.8±0.6	Nonverbal fluid reasoning, Verbal knowledge (A-SBIQ)	
Morimoto et al. (2018)	51	37:14	14.7±2.4	DSM-V	58	37:21	14.7±2.2	NR	
Price et al. (2012)	14	NA	14.1±4.8	GADS, ASDI, ASSQ	16	NA	14.1±4.6	Verbal index, Matrices index, FSIQ (WASI)	

Note: ASD: Autism Spectrum Disorder; TD: neurotypically developing children; DSM: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; ADOS: Autism Diagnostic Observation Schedule; NR: not reported; ADI-R: Autism Diagnostic Interview-Revised; MSEL: Mullen Scales of Early Learning; SBIQ: Stanford Binet Intelligence Quotient test; NA: not applicable; GADS: Gilliam Asperger Disorder Scale; ASDI: Asperger Syndrome Diagnostic Interview; ASSQ: Autism Spectrum Screening Questionnaire; WASI: Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; FSIQ: Full-Scale Intelligence Quotient.

<Table 1> Continued

Study	ASD			TD			Measures for group matching on developmental level	
	N	Sex (M:F)	Age, years (M±SD)	Diagnostic tools	N	Sex (M:F)		Age, years (M±SD)
Ravizza et al. (2013)	22	20:2	14.38	WASI, DSM-IV, ADOS, SCQ	20	18:2	14.55	FSIQ, VIQ
Sheridan & McAuley (1997)	18	NR	① Moderate to high IQ group:	NR	29	NR	6 (7-10 years)	VIQ and FSIQ (WISC-III)
			② Low IQ group:				5 (12-15 years), 18 (college students)	
Tryfon et al. (2017)	31	31:0	11.5±2.8	ADI-R, ADOS	23	23:0	11.1±3.1	FSIQ (WASI)
Yoo & Kim (2018)	10	10:0	13.5±0.8	DSM-IV, K-CARS	42	23:19	13.4±1.4	PRI (K-WISC-IV)

Note. ASD: Autism Spectrum Disorder; TD: neurotypically developing children; WASI: Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; DSM: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; ADOS: Autism Diagnostic Observation Schedule; SCQ: Social Communication Questionnaire; FSIQ: Full-Scale Intelligence Quotient; VIQ: Verbal Intelligence Quotient; IQ: Intelligence Quotient; NR: not reported; WISC: Wechsler Intelligence Scale for Children; ADI-R: Autism Diagnostic Interview-Revised; WASI: Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; K-CARS: Korean-Childhood Autism Rating Scale; PRI: Perceptual Reasoning Index; K-WISC: Korean-Wechsler Intelligence Scale for Children.

<Table 2> Rhythmic Tapping Task and Used Stimuli in Included Studies

Study	DV	Used auditory stimulus				Target task					
		Type of stimulus	Type of beat/rhythm	ISI/ Tempo of stimulus	Duration	Material	Tapping device/part	Type of tapping	Instruction for tapping		
							Finger	One hand (Simul)	Bimanual (Alter)		
Fitzpatrick et al. (2013)	T, B	NA	NA	NA	NA	Plastic cylinder	Hammer	-	Y	Y	· Tapping for 15s
Fitzpatrick et al. (2017)	T, B	NA	NA	NA	NA	Drum	Drum stick	-	Y	Y	· Tapping at a steady tempo until they are said to stop
Isenhower et al. (2012)	T, B	NA	NA	NA	NA	Wooden pad covered with cork	Drum stick	-	-	Y	· Tapping continuously for 45s at his/her preferred tempo
Kaur et al. (2018)	S, I	Metronome	Simple rhythm Complex rhythm	120 bpm	50s	Drum	Hand	-	-	-	· Tapping with auditory stimuli · Tapping in time with an experimenter
Morimoto et al. (2018)	S	Tones (NS)	Paced beat	500ms	15s	None	Finger	Y	-	-	· Tapping (index-thumb tapping) with auditory stimuli
Price et al. (2012)	R	Computer-produced tone	Paced beat	400ms	15s	NR	NR	-	Y	-	· Tapping along with auditory stimuli and continuing tapping after the stimuli ended

Note. DV: dependent variable; ISI: inter-stimulus interval; Simul: simultaneous; Alter: alternative; T: timing reproduction; B: bimanual coordination; Y: yes; NA: not applicable; S: synchronization; I: interpersonal synchronization; NS: not specified; s: seconds.

<Table 2> Continued

Study	DV	Used auditory stimulus				Target task			Instruction for tapping	
		Type of stimulus	Type of beat/rhythm	ISI/ Tempo of stimulus	Duration	Material	Tapping device/part	Type of tapping		
							Finger	One hand (Simul)	Bimanual (Alter)	
Ravizza et al. (2013)	R	Metronome	Paced beat	550ms	12 times	N.R.	NR	Y	-	· Tapping along with auditory stimuli and continuing tapping after the stimuli ended
Sheridan & McAuley (1997)	S, R	Tones (1100 Hz)	Paced beat	600ms	40 times	Copper plate	Hand	Y	-	· Tapping with auditory stimuli · Tapping along with auditory stimuli and continuing tapping after the stimuli ended
Tryfon et al. (2017)	S, R	¹ Woodblock ² Metronome	¹ Strongly metric, medium metric ² weakly metric rhythm ² Paced beat	¹ Multiples of 250ms ² NR	¹ 11 times (4.5-5.75s) ² 15s	Computer mouse	Finger	Y	-	¹ Listening to auditory stimuli and tapping back with the stimuli ² Tapping along with auditory stimuli and continuing tapping after the stimuli ended
Yoo & Kim (2018)	S, I	Metronome	Paced beat	60-800bpm/ 100bpm/ 120-140bpm	NR	Electronic drum	Drum stick	-	Y	· Tapping with auditory stimuli · Tapping in time with an experimenter · Tapping in time with an experimenter paired with auditory stimuli

Note. DV: dependent variable; T: timing reproduction; S: synchronization; I: Interpersonal synchronization; Simul: simultaneous; Alter: alternative; NR: not reported; Y: yes; s: seconds.

사용된 청각 자극을 분석했을 때, 외부에서 제공되는 청각 자극 없이 자발적으로 움직임 조절하는 것과 관련된 운동 타이밍 조절과 양손 협응을 제외한 나머지 변인을 포함한 연구 ($n=5$)에서는 외부 청각 자극으로 메트로놈을 사용한 경우가 가장 많았다(4개, 80%). 그 외의 논문에서는 신호음(tone)을 사용하였고 이 경우, 정확한 소리의 유형이나 음색은 제시되지 않았다. 메트로놈을 사용한 한 연구(Tryfon et al., 2017)에서는 메트로놈과 함께 우드블럭 소리를 사용한 것으로 보고되었다. 손으로 직접 두드리기가 아닌 도구나 악기를 사용한 연구는 총 7개였다. 이 중 드럼을 사용한 연구가 3개였고, 그 외의 연구에서는 플라스틱 원통(Fitzpatrick, Dorio, Richardson, & Schmidt, 2013), 치는 면이 코르크 재질로 되어 있는 나무패드(Isenhower, Marsh, Richardson, Helt, Schmidt, & Fein, 2012), 동판(Sheridan & McAuley, 1997), 컴퓨터마우스(Tryfon et al., 2017)가 사용되었다.

측정 변인에 따른 목표 과제의 내용을 살펴본 결과는 <Table 3>에 제시되어 있다. 운동 타이밍 조절 변인은 편한 속도로 혹은 규칙적인 간격으로 움직이기 과제를 통해 측정되었고, 해당 변인을 포함하고 있는 2개의 연구 모두 한 손 두드리기를 적용하였다. 양손 협응을 측정하는 연구에서는 규칙적인 간격으로 움직이기 과제가 적용되었고, 3개의 연구 모두 양손으로 동시에 두드리기와 번갈아가며 두드리기의 두 가지 리드믹 운동과제를 포함하였다. 동기화는 총 5개의 연구에서 규칙적인 간격으로 제공되는 소리에 맞추어 움직이는 과제를 통해 측정되었다. 활용된 리드믹 운동과제는 손가락(검지와 엄지 부딪히기, 손가락으로 누르기), 한 손, 양손(동시 움직임)을 사용해 연속적으로 제시된 도구를 두드리기였다. 타이밍 재산출 변인은 소리에 맞추어 움직이다가 소리가 중단되어도 지속해서 움직임을 지속하는 과제를 통해 측정되었다. 활용된 리드믹 운동과제에서 한 손으로 두드리기가 가장 많은 비중을 차지했고, 손가락으로 탭핑 장치를 누르는 움직임은 1개의 연구에만 포함되었다. 타인(검사자)에 맞추어 움직이는 과제를 통해 대인 간 동기화를 측정하는 2개 연구 중 1개는 양손으로 동시에 두드리기, 나머지 1개의 연구에서는 양손으로 번갈아가며 두드리기를 적용하였다.

또한 본 연구에서는 선정된 연구에서 목표 변인을 어떠한 지표를 통해 측정하였는지 분석하였다. 운동 타이밍 조절을 목표로 한 연구 중 3개의 연구(Fitzpatrick et al., 2013; Fitzpatrick et al., 2017; Isenhower et al., 2012)에서는 움직임의 속도(혹은 움직임 시도 간 간격)와 움직임이 일정하게 유지되는 정도(움직임의 변동성)를 측정하였고 다른 1개의 연구에서는 움직임의 변동성(Kaur, Srinivasan, & Bhat, 2018)만 측정하였다. 타이밍 재산출을 포함한 4개의 연구 중 2개(Price, Edgell, & Kerns, 2012; Ravizza, Solomon, Ivry, & Carter, 2013)는 움직임 간격과 산출된 간격의 변동성의 두 가지 지표를 측정하는 반면, 나머지 2개의 연구에서는 각각 기대되는 간격과의 차이(Tryfon et al., 2017)와 변동성 지표(Sheridan & McAuley, 1997)만 산출하였다.

<Table 3> Tapping Task and Type of Tapping Used Depending on the Measured Variable

Variable	Task	Type of tapping			
		Finger	One hand	Bimanual (Simul)	Bimanual (Alter)
Synchronization (n = 5)	Tapping with auditory stimuli	2(40%)	4(80%)	1(20%)	0
Timing reproduction (n = 4)	Tapping along with auditory stimuli and continuing tapping after the stimuli end	1(25%)	3(75%)	0	0
Bimanual coordination (n = 3)	Tapping at a steady tempo	0	0	3(100%)	3(100%)
Timed movement control (n = 2)	Tapping at a steady or preferred tempo	0	2(100%)	0	0
Interpersonal synchronization (n = 2)	Tapping in time with an experimenter	0	0	1(50%)	1(50%)

Note. Simul: simultaneous tapping; Alter: alternative tapping. Bars represent the number of studies that applied the corresponding type of rhythmic tapping.

양손 협응이 목표된 경우에는 양손을 동시에 같은 방향으로 움직이기와 반대 방향, 즉 번갈아가며 움직이기가 과제로 적용되었다. 해당 변인을 포함한 3개의 연구는 양손이 조화롭게 협응된 정도를 동일 시점에서 측정된 각 손의 움직임 각도(위치) 차이를 산출한 상대위상(relative phase)이라는 지표를 통해 평가하였다. 상대위상을 산출한 후 해당 수치를 직접 비교하는 방식(Fitzpatrick et al., 2013)을 활용하거나 기대되는 상대위상과 비교하여 기대치에 포함된 비율(Fitzpatrick et al., 2017), 양손의 일치하는 정도를 나타내는 수치로 변환하는 방식(Isenhower et al., 2012)으로 양손 협응 수준을 분석하였다.

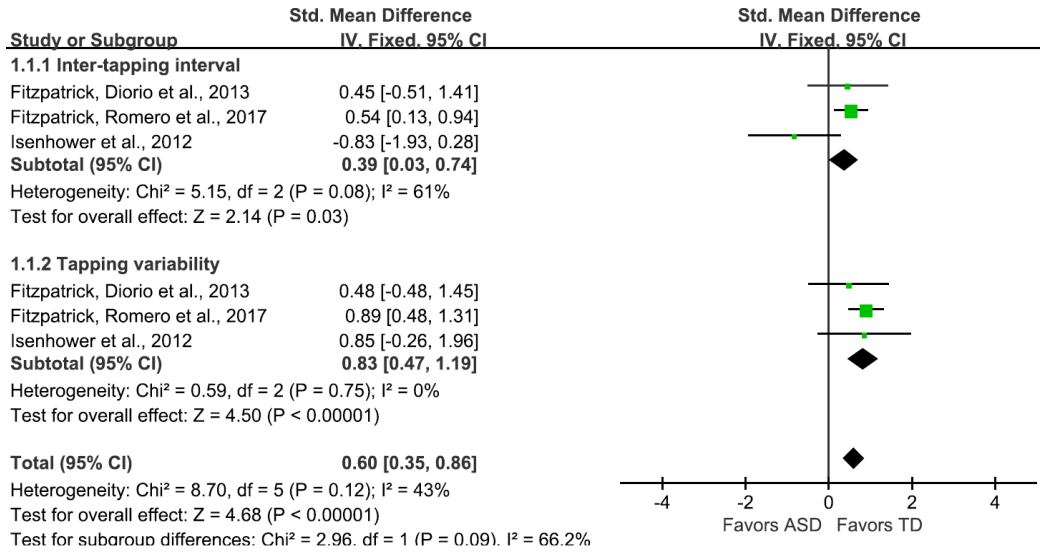
동기화는 제공된 자극과 움직임의 동기화가 이루어진 정도를 측정하거나 동기화가 이루어지지 않은 오류 지표를 산출하는 방식으로 분석되었다. 동기화가 이루어진 정도는 실제로 시도된 움직임이 기준 자극과 얼마나 유사한지를 움직임의 빈도(Kaur et al., 2018), 혹은 정반응의 비율(Tryfon et al., 2017)의 차원에서 비교하는 방식이 적용되었다. 이에 비해 동기화 오류는 박(혹은 움직임) 간 간격(period)이나 자극(혹은 움직임)이 발생하는 시점(phase)의 차원

에서 실제 자극과 움직임 비교하는 방식으로 측정되었다. 간격과 시점의 차원 모두를 분석한 연구가 3개(Morimoto, Hida, Shima, & Okamura, 2018; Sheridan & McAuley, 1997; Tryfon et al., 2017), 간격의 차원에서만 분석한 연구(Kaur et al., 2018)와 시점의 차원에서만 분석한 연구(Yoo & Kim, 2018)가 각각 1개씩이었다. 동기화 오류를 분석할 때에도 평균값을 산출해 실제 얼마나 차이가 나는지에 초점을 맞추어 분석하기도 하고, 표준편차 값을 산출해 동기화의 시도가 얼마나 일관적으로 이루어졌는지(변동성)에 초점을 맞추어 분석하기도 하였다. 5개의 연구 중 실제 차이값 외에 변동성 지표도 산출한 연구는 총 3개(Kaur et al., 2018; Morimoto et al., 2018; Sheridan & McAuley, 1997)였다. 마지막으로 대인 간 동기화의 경우, 2개 중 1개의 연구(Kaur et al., 2018)에서는 대상자와 검사자의 움직임이 일치하고 있는 시간의 비율을 통해 측정되었고, 다른 1개의 연구(Yoo & Kim, 2018)에서는 검사자가 움직임이 이루어지는 시점과 대상자의 움직임이 이루어지는 시점을 비교하는 동기화 오류를 통해 측정되었다.

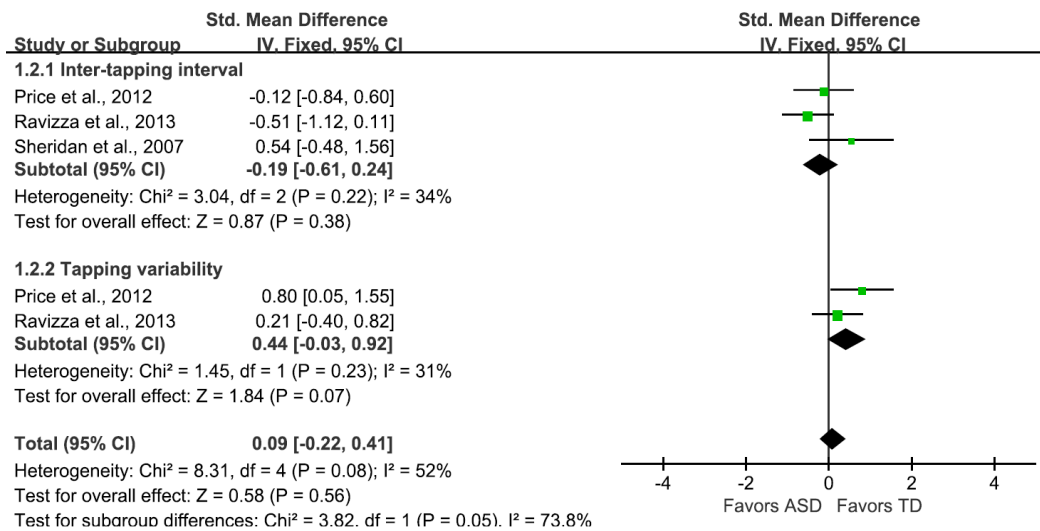
또한 본 연구에서는 리드믹 운동과제와 관련된 평가가 다른 발달 영역의 지표, 특히 사회성 지표와의 관련성 측면에서도 이루어졌는지 분석하였다. 타 발달 영역과의 관련성을 평가한 연구는 총 5개였다. 이 중 ASD의 증상이나 반복적 행동과의 상관관계를 살펴본 연구는 2개로, 두 연구 모두 리드믹 운동과제 수행 수준이 낮을수록 ASD의 증상(Kaur et al., 2018)이나 정형화된 행동 패턴(Ravizza et al., 2013)이 유의하게 많이 나타나는 것으로 보고하였다. 한 연구(Fitzpatrick et al., 2017)에서는 리드믹 운동과제 수행 수준과 언어 발달 수준 간에 유의한 상관관계가 있음을 보여주었다. 다른 두 연구는 사회성 지표와의 관련성을 연구하였다. 1개의 연구(Fitzpatrick et al., 2013)에서는 주성분 분석(principal component analysis)를 통해 한 손 혹은 양손으로 사용해 규칙적으로 드럼을 두드리는 과제의 수행 수준이 마음읽기(theory of mind), 차례 지키기, 타인의 의도성(intentionality) 이해하기와 동일한 요인의 영향을 받음을 보여주었다. 다른 1개의 연구(Yoo & Kim, 2018)에서는 요인분석(factor analysis)을 통해 느린 템포로 리드믹 큐가 제공된 상태에서 다른 사람에 맞추어 드럼 두드리기를 수행하는 수준이 모방하기, 감정 이해하기와 동일한 영향을 받는다는 결과를 보고하였다.

마지막으로 본 연구에서는 리드믹 운동과제에 있어 ASD 아동이 같은 연령의 TD 아동과 비교하여 어떠한 지표에서 차이를 보이는지 체계적으로 분석하기 위하여 메타분석을 실시하였다. 양손 협응의 경우, 움직임이 실행되는 동안의 시점별 운동 각도의 변화에 대한 지표를 사용하는 경우가 많아 단일 수치로 그룹을 비교분석하는 데 제한이 있어 메타분석 과정에서는 제외하였다. 동기화의 경우, 세부 지표 중 동기화 오류의 변동성에 있어 메타분석을 실시할 수 있는 충분한 데이터가 개별 연구에 제시되어 있지 않아 분석에서 제외하였다. 메타분석 결과는 <Figure 2>와 <Figure 3>에 제시되어 있다.

A. Timed movement control

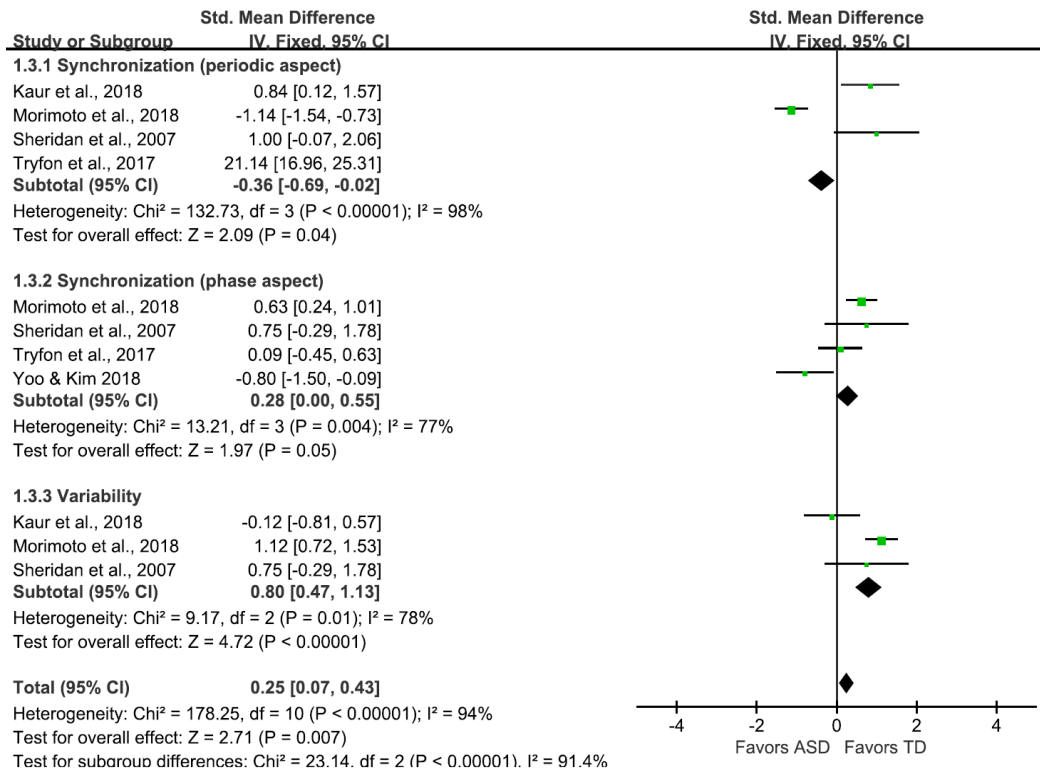


B. Timing reproduction



<Figure 2> Comparison between children with ASD versus TD in timed movement control and timing reproduction. Each square indicates an effect size for each study with its size proportional to the sample size of the study. Diamonds mark the pooled effect estimate with their width representing the confidence interval.

A. Synchronization



B. Interpersonal synchronization

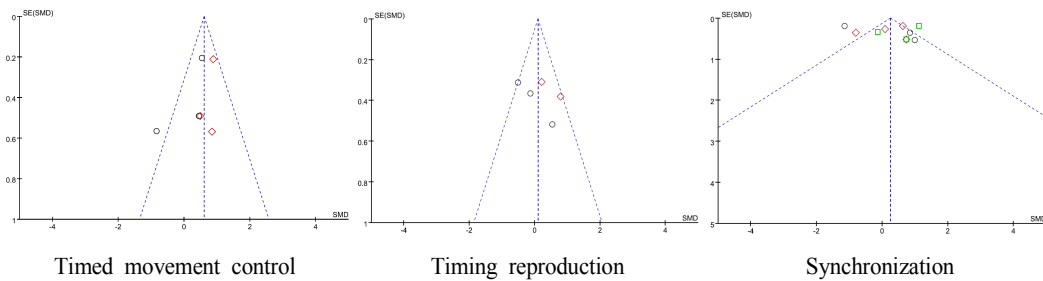


<Figure 3> Comparison between children with ASD versus TD in synchronization and interpersonal synchronization.

운동 타이밍 조절의 경우 움직임 간격($Z = 2.14$, $p = .03$)과 변동성($Z = 4.50$, $p < .001$) 모두에서 그룹 간 차이가 유의한 것으로 나타났다. ASD 그룹이 TD 그룹에 비해 움직임 간격이 좁고(즉, 속도가 빠르고), 변동성이 큰 것으로 나타났다. 타이밍 재산출 지표의 경우, 움직임의 간격에서는 ASD와 TD 그룹 간 차이가 유의하지 않은 반면($Z = 0.87$, $p = .38$), 움직임의 변동

성 측면에서는 ASD 그룹이 TD 그룹보다 거의 유의한 수준에서 큰 것으로 나타났다($Z=1.84$, $p=.07$). 동기화의 경우, 간격 동기화($Z=2.09$, $p=.04$), 시점 동기화($Z=1.97$, $p=.05$), 간격 변동성($Z=4.72$, $p<.001$) 모두에서 그룹 간 차이가 유의했다. 대인 간 동기화 역시 그룹 차이가 유의한 것으로 나타났다($Z=3.22$, $p=.001$).

선정된 문헌의 이질성(heterogeneity)을 살펴보았을 때, 운동 타이밍 조절의 경우, $I^2=43\%$ 로 중간 수준의 이질성을 보이고, 타이밍 재산출의 경우 $I^2=31\%$ 로 낮은 수준의 이질성을 보였다. 동기화의 경우에는 $I^2=94\%$ 로 상당한 수준의 이질성을 보인 반면, 대인 간 동기화의 경우 $I^2=0\%$ 로 이질성 정도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 또한 출판 비फल림을 탐색하기 위해 깔때기 그림을 그린 결과, 통계적으로 유의하지 않은 구간(우측 하단)에 연구가 결측된 경우도 있지만 전반적으로 연구가 대칭적으로 분포하고 있어 소규모 연구 영향으로 인한 출판 비फल림의 가능성이 낮은 것으로 판단하였다(<Figure 4> 참조).



<Figure 4> Funnel plots for subgroup analyses. The outer dashed lines represent the 95% confidence interval limits.

IV. 논의 및 결론

본 연구는 ASD 아동을 대상으로 리드믹 운동과제의 수행력을 분석하고 이를 유사한 연령의 TD 대상군과 비교한 선행연구를 체계적으로 고찰하여 이를 통해 1) 리드믹 운동과제가 어떠한 범위에서 어떠한 형태로 사용되고, 2) ASD 아동의 운동조절 양상을 어떻게 보여줄 수 있는지 분석하였다. 총 10편의 연구를 분석한 결과와 그 시사점은 다음과 같다.

첫째, ASD 아동을 대상으로 실시된 리드믹 운동과제는 운동 타이밍 조절, 타이밍 재산출, 양손 협응, 동기화, 대인 간 동기화의 총 5개 변인을 평가하는 데 적용된 것으로 나타났다. 그 범위를 살펴보면, 외부 자극의 유무, 운동에 참여하는 신체 움직임 범위(손가락, 한손 혹은 양손), 지각된 자극의 수준, 동기화의 대상 등의 측면에서 리드믹 운동과제가 다양한 차원의 운

동조절을 평가할 수 있었음을 알 수 있었다. 동시에 이러한 측면이 요구되는 운동조절의 수준, 리드믹 운동과제의 난이도를 조정하는 변인임을 시사한다.

각 변인의 신경학적 기제를 살펴보면, 운동 타이밍 조절 혹은 양손 협응은 외부의 자극이나 단서 없이 규칙적이고 반복적인 형태로 자신의 움직임을 연속적으로 계획하고 실행하는 운동능력과 관련된 것이라면, 타이밍 재산출은 지각된 타이밍 정보를 바탕으로 자신의 움직임을 조절하는 능력과 관련된 것이다. 이 두 가지 모두 감각 시스템과 운동 시스템의 내재적인 연관성에 근거하지만 타이밍 재산출의 경우, 외부의 단서 없이 리드믹하게 움직이는 경우와 비교해 제시된 자극에 대한 표상을 기억하는 과정이 요구되고, 새롭게 운동 타이밍을 계획하는 신경학적 영역들이 더 많이 관여하게 된다(Repp & Su, 2013). 또한 동기화는 외부 청각 자극에 대한 지각을 바탕으로 움직임을 계획하고 조절하는 능력과 관련된 것이라면, 대인 간 동기화는 타인의 움직임에서 지각된 타이밍 정보와 타인의 의도에 대한 지각을 바탕으로 움직임을 계획하는 능력이 요구된다. 동기화를 시도하는 동안에는 제시되는 청각 자극의 간격을 지각하는 것뿐만 아니라 연속적으로 제시되는 자극을 예측해 미리 움직임을 계획하고 지각된 자극과 운동 산출이 일치하는지 지속적으로 추적하면서 조율하는 과정이 수반된다. 예측적인 처리 과정(prediction)과 반응적인 처리 과정(reaction and feedback processing)이 중요하게 수반되고, 이에 따라 해당 과제 처리 시 청각 영역과 운동 영역의 연합이 여러 신경학적 연구에서 보고된다(Repp & Su, 2013). 대인 간 동기화의 경우, 동기화의 대상이 환경에서 지각되는 자극일 뿐만 아니라 타인에게서 전달된 의미적 신호를 처리하는 과정이 수반된다. 따라서 타이밍을 계획하는 영역뿐만 아니라 타인의 행동을 관찰하고 그에 대한 운동 표상을 만들어내는 영역이 관여하게 되고(Repp & Su, 2013), 지각한 타인의 움직임과 실제로 산출하는 자신의 움직임을 통합하는 과정이 중요하게 작동된다(Hove, 2008). 이처럼 각 과제에서 요구되는 움직임과 자극 수준, 실행 조건에 따라 신경학적으로 작동하는 기제가 달라짐을 고려할 때, 리드믹 운동과제의 선택과 구성 시 개별 ASD 아동을 위한 중재 목표와 방향에 따라 적절하게 판단할 필요가 있고, 본 연구 결과가 그러한 임상적 판단에 필요한 기초자료가 될 수 있을 것이다.

선정된 연구의 주제에 있어 변화의 추이를 살펴보았을 때, 선행 문헌에 포함된 5개의 변인 중 대인 간 동기화를 포함하고 있는 2개 연구는 가장 최근에 출판된 것으로 나타났는데, 리드믹 운동이나 동기화와 관련된 초기 문헌에는 특정한 장치(기계)로 제공되는 외부 자극에 대한 동기화 연구가 대부분이었다가 실생활과 유사하게 타인이 제공하는 자극에 맞추거나 타인과 함께 동기화를 시도하는 등 대인 간 동기화에 대한 연구로 그 연구 영역이 확대된 것(Repp & Su, 2013)과도 같은 맥락에서 이해할 수 있다. 이는 ASD 대상 문헌에서도 발견되는 추이인데, ASD 대상군의 경우 운동조절이 사회성과 연관된다는 점에 근거해 운동조절의 문제를 개인적으로 시도된 보행과 자세 조절, 상지 움직임의 측면에서 확인하는 접근(Fournier et al.,

2010)에서 나아가 타인에 반응하여 움직임 조절하는 사회적 맥락에서의 운동조절에 접근하려는 시도가 강조되기 시작했다(Bhat et al., 2011). 이후 음악치료 연구 분야에서도 대인 간 동기화에 대한 연구가 이어진다면, 음악치료 임상현장에 적용할 수 있는 운동조절 과제에 대한 보다 통합적인 자료를 제시할 수 있을 것이라 보인다.

둘째, 리드믹 운동과제를 수행하기 위해 활용된 청각 자극과 도구를 분석한 결과, 메트로놈이 가장 많이 사용되었고, 원통이나 나무패드, 동판과 같은 사용도 잦은 것을 알 수 있었다. 이러한 양상은 실험적 환경의 통제와 개별 움직임 시도에 대한 객관적인 수치 산출에 대한 필요에 기인한 것으로 보인다. 본 연구에 포함된 연구들이 청각적 신호의 속성이나 운동 시도로 인해 제공받는 청각적 피드백 등의 다른 변인을 최소화해야 했다는 점을 고려할 때 이는 타당한 시도로 보이나, 동기화, 특히 대인 간 동기화의 경우 자발성, 의도, 맥락(사회적 혹은 개인적 맥락) 등의 요인이 중요한 영향을 미친다는 점(Repp & Su, 2013)을 고려할 때, 다양화된 자극이나 과제의 적용이 ASD 아동에 대한 다각적인 분석을 가능하게 할 것으로 보인다. 선행 연구에서는 운동 시도로 산출되는 청각적 피드백 외에 외부 청각적 자극으로서의 음악 제공 여부가 동기화 시도에 영향을 미친다고 제시되었다(Hove & Risen, 2009). 또한 음악에 동기화하는 경우, 리듬이라는 음악의 시간적 측면뿐만 아니라 다른 음악 요소의 조합에 따른 구조나 흐름에 대한 지각 및 반응이 수반되고, 음악에 대해 지각하는 친숙함이나 만족도 등으로 인해 주관적 정서 반응이 유도될 수 있음(Janata, Tomic, & Haberman, 2012)을 고려할 때, 단순한 메트로놈 박이나 신호음과 음악에 동기화하는 것이 어떠한 차이를 보이는지 확인하는 추후 연구가 필요할 것이다.

셋째, 각 변인별로 적용된 지표의 측정 방법을 살펴본 결과, 연속적인 움직임의 시도 간 간격이 어느 정도인지, 그것이 기대되는 수준과 어떤 차이가 있는지를 측정하는 ‘정확도(accuracy)’와 연속적인 시도에서 동일한 수준의 움직임을 유지할 수 있는지를 측정하는 ‘변동성(variability)’ 혹은 ‘정밀도(precision)’의 두 가지 측면에서 운동조절이 평가됨을 알 수 있었다. 선정 연구에 포함된 5개의 지표 중에서 3개(운동 타이밍 조절, 타이밍 재산출 및 동기화)의 변인이 이 두 가지 측면에서 평가되었고, 선정된 10개의 연구 중 8개(80%)의 연구에서 한 개 변인을 두 가지 측면에서 측정했다. 이는 ASD 대상군의 운동조절 문제가 실행된 움직임으로부터 피드백을 제공받고, 이어질 움직임에 대해 미리 예측함으로써 움직임을 제어하고 조율하는 예측적 조절(anticipatory control)과 관련된 것이라는 선행 연구와도 같은 맥락에서 이해할 수 있다(Schmitz, Martineau, Barthelemy, & Assaiante, 2003). 따라서 ASD 아동을 대상으로 리드믹 운동과제를 통한 평가를 실시하거나 혹은 운동조절의 측면에서 개입할 때 자신의 의도 혹은 외부 자극에 즉각적으로 맞추는 것과 움직임의 일관성을 유지하는 기능 두 가지를 모두 중요하게 고려할 필요가 있을 것이다.

넷째, 메타분석 결과, 타이밍 재산출 지표 중 움직임의 간격을 재산출하는 지표에서는 ASD

그룹과 TD 그룹의 차이가 나타나지 않았다. 즉, ASD 아동이 외부 청각 자극의 간격을 지각하고 이를 바탕으로 움직임 시도하는 데 있어서는 유사한 연령의 TD 아동과 유사한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 제시된 시각 자극의 간격을 재산출하는 과제에서도 양호한 수행력을 보인 선행 연구 결과(Maister & Plaisted-Grant, 2011)와 더불어 해당 대상군의 경우 내재적 타이밍(internal timing)에 있어서는 손상이 적은 편임을 보여준다. 특히 해당 지표를 위해 적용된 과제가 외부의 청각 자극을 맞추어 두드리다가 청각 자극이 소거된 이후에 동일한 움직임을 지속하는 과제였다는 점은 외부에서 제공되는 시간적 정보, 청각적 큐를 통해 참조할 수 있는 단서를 효율적으로 제공한다면 해당 대상군의 운동조절에 개입할 수 있음을 시사한다.

한편, 타이밍 재산출 지표(움직임의 간격 지표)를 제외한 모든 지표에서 ASD 그룹이 TD 그룹에 비해 유의하게 낮은 운동조절 지표를 보였다. 이는 ASD 아동이 외부 자극에 따라 운동 산출을 동기화하거나 조정하고, 연속적인 틀 안에서 움직임을 지속적으로 조절하는 지각-운동 연합의 결함을 보인다는 선행 연구(Bhat et al., 2011)를 뒷받침하는 결과로, 리드믹 운동과제가 ASD 아동이 보이는 운동조절 기능의 수준을 평가할 수 있는 중요한 과제가 될 수 있음을 시사한다. 다만, 본 연구에 포함된 연구 수가 적어 결과를 일반화하는 데 제한이 있을 수 있다. 하지만 연구 분포도에 있어서는 전반적인 대칭성이 관찰된 점을 고려해, 각 지표와 관련된 메타분석 결과를 확대 해석하는 것은 유의하되 ASD 아동이 보이는 구체적인 수행 양상 및 이에 따른 시사점은 임상적으로 충분히 적용할 수 있을 것으로 보인다. 또한 추후 이루어지는 관련 연구를 추가해 분석한다면 ASD 아동이 보이는 리드믹 운동과제 수행에 대한 보다 타당한 근거자료를 제시할 수 있을 것으로 보인다.

다섯째, 리드믹 운동과제 수행 수준과 다른 발달 영역에 대한 지표 사이의 연관성을 통해 리드믹 운동과제가 장애로 인한 행동적 증상이나 사회기술에 대한 지표가 될 수 있음을 확인하였다. 분석된 연구 중 2개 연구 결과(Kaur et al., 2018; Ravizza et al., 2013)에서 보여주듯이 리드믹 운동과제 수준과 ASD 증상 간에 유의한 상관관계가 있음이 확인되었고, 리드믹 운동과제 수준과 사회성 지표 간 연관성을 보여주는 또 다른 2개 연구(Fitzpatrick et al., 2013; Yoo & Kim, 2018)에서는 자신의 움직임을 조절하는 행동 혹은 다른 사람에 맞추어 자신의 움직임을 조절하는 행동이 사회성, 특히 다른 사람의 의도를 이해하는 기술과 동일한 요인에 영향을 받음을 보여주었다. 이는 리드믹 운동과제가 음악 행동의 양상에서 나아가 사회기술 발달 수준을 보여주는 지표로 활용될 수 있음을 보여준다. 즉, 가정이나 학교 등 일반화된 환경에서 보이는 전반적인 사회기술 평가나 음악치료 상황에서 나타나는 음악적 상호작용에 대한 관찰 평가 외에 음악치료 상황에서 ASD 아동이 시도하는 음악 혹은 치료사에 맞춘 움직임이나 악기연주에 대한 평가가 중요한 지표로 적용될 수 있는 가능성을 시사한다.

마지막으로, 본 연구 결과는 리드믹 운동과제의 음악치료 임상 현장 적용점을 제시한다. 음악 지각과 음악 산출 과정을 신경과학적 연구를 통해 밝히고 이를 기반으로 음악반응과 이

에 병행하는 비음악적 행동의 기제를 설명한 합리적 과학적 중재모델(Rational Scientific Mediating Model: RSMM)은 임상근거 기반의 음악치료 중재모델 중 하나의 패러다임(Thaut, McIntosh, & Hoemberg, 2014)으로 가장 기초적인 음악반응의 이해부터 실제 임상으로의 적용점까지를 단계적으로 제시하고 있다. 이를 ASD 아동 대상 음악중재에 적용할 경우 RSMM 1단계에 해당되는 본 연구 결과를 요약해보면 ASD 아동의 TD 아동과 유사한 수준의 외부 청각 자극 지각이 가능하나 타인과의 동기화 및 동기화 수준의 유지에 어려움이 있음을 확인하였고, RSMM 2단계에 해당되는 비음악적 행동과의 연계성에서는 리드믹 운동과제의 결합이 사회성 지표와 연관성이 있음을 살펴보았다. 이를 바탕으로 ASD 아동의 운동조절 및 사회기술을 평가하고 나아가 해당 영역의 발달에 개입하는 데 있어 리드믹 운동과제를 적용하는 단계(RSMM 3단계 및 4단계)를 위한 기초를 마련했다고 할 수 있다. 이러한 RSMM 모델과의 연결성을 기반으로 ASD 아동 대상 음악치료 임상 현장에서 리듬 자극을 적극적으로 활용하여 청각 자극뿐만 아니라 타인에 동기화하는 수준을 평가하고, 이 때 제시 자극과 시도된 움직임의 타이밍이 얼마나 일치하는지, 움직임 자체나 제시 자극에 맞추는 시도를 얼마나 일관적으로 유지하는지 등을 측정한다면 ASD 아동의 운동조절 및 사회기술에 대한 보다 다각적인 평가가 가능해질 것이다.

또한 선행 문헌을 통해 ASD 아동이 예측 가능한 틀 안에서 기대되는 행동에 주의를 기울이고 해당 행동을 경험할 때 이후 보다 효율적으로 움직임(예를 들어, 모방)을 시도할 수 있다는 결과(Cook, Barbalat, & Blakemore, 2012)와 동기화 동안 공유된 정서 상태가 대인 간 관계를 형성하고 움직임을 조절하는 데 긍정적인 영향을 미친다는 결과(Koch, Mehl, Sobanski, Sieber, & Fuchs, 2015)를 살펴볼 때, 음악적 환경 및 음악적 자극이 리드믹 운동과제 수행력을 높일 수 있는 가능성을 제안할 수 있을 것이다. 또한 이에 따라 리드믹 운동과제 수행력을 높임으로써 운동조절 및 사회기술에 개입하는 음악치료 중재의 방향까지 제안할 수 있을 것이다. 다만 본 연구에 포함된 연구들이 단순한 메트로놈이나 신호음만을 사용한 점을 고려할 때 해당 자극을 직접 적용하는 것은 제한적일 수 있고, 실제 임상 현장에서 활용할 수 있는 음악 자극의 형태와 수준에 대한 고려가 전제되어야 할 것이다. 또한 이를 위해서는 음악 자극을 사용한 연구뿐만 아니라 적용된 음악 자극의 수준(선율과 화성과 같은 리듬 외의 요소뿐만 아니라 해당 음악에 대해 아동이 느끼는 친숙함의 정도 등)에 따른 리드믹 운동과제 수행력 차이에 대한 연구가 선행될 필요가 있을 것이다.

결론적으로, 본 연구 결과는 ASD 아동의 리드믹 운동과제를 평가한 선행 문헌을 체계적으로 분석함으로써 해당 아동이 유사한 연령의 신경학적 손상이 없는 또래와 비교해 어떠한 수행 수준과 양상을 보이는지에 대한 통합적인 자료를 제시한 것에서 나아가 운동조절 평가를 위해 사용된 리드믹 운동과제와 다양한 차원과 요인을 제시한 데 그 의의가 있다. 이러한 결과는 ASD 아동이 보이는 운동조절의 양상을 이해하는 틀을 확장시킬 것이며, 이를 통해 음악

치료 임상 현장에서 음악 행동을 통해 운동조절뿐만 아니라 사회기술의 측면을 평가하고 방안을 확대하는 데 고려할 만한 시사점을 제시할 것으로 기대된다.

References

*표는 분석 대상 논문임

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Anagnostou, E., Jones, N., Huerta, M., Halladay, A. K., Wang, P., Scahill, L., ... Dawson, G. (2015). Measuring social communication behaviors as a treatment endpoint in individuals with autism spectrum disorder. *Autism, 19*(5), 622-636.
- Bhat, A. N., Landa, R. J., & Galloway, J. C. (2011). Current perspectives on motor functioning in infants, children, and adults with autism spectrum disorders. *Physical Therapy, 91*(7), 1116-1129.
- Cacioppo, S., Zhou, H., Monteleone, G., Majka, E. A., Quinn, K. A., Ball, A. B., ... Cacioppo, J. T. (2014). You are in sync with me: Neural correlates of interpersonal synchrony with a partner. *Neuroscience, 277*, 842-858.
- Chong, H. J., Lim, J. H., & Hwang, S. Y. (2018). Review of studies using a rhythm task intervention and the rationale for its formulation. *Journal of Music and Human Behavior, 15*(1), 95-118.
- [정현주, 임정현, 황수연 (2018). 국내 리듬 중재 연구의 중재 구성 및 논거에 대한 고찰. *인간행동과 음악연구, 15*(1), 95-118.]
- Cook, J. L., Barbalat, G., & Blakemore, S. (2012). Top-down modulation of the perception of other people in schizophrenia and autism. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*, 175.
- Donnellan, A. M., Hill, D. A., & Leary, M. R. (2013). Rethinking autism: Implications of sensory and movement differences for understanding and support. *Frontiers in Integrative Neuroscience, 6*, 124.
- *Fitzpatrick, P., Diorio, R., Richardson, M. J., & Schmidt, R. C. (2013). Dynamical methods for evaluating the time-dependent unfolding of social coordination in children with autism. *Frontiers in Integrative Neuroscience, 7*, 21.
- *Fitzpatrick, P., Romero, V., Amaral, J. L., Duncan, A., Barnard, H., Richardson, M. J., & Schmidt, R. C. (2017). Evaluating the importance of social motor synchronization and

- motor skill for understanding autism. *Autism Research*, 10(10), 1687-1699.
- Fournier, K. A., Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N. H., & Cauraugh, J. H. (2010). Motor coordination in autism spectrum disorders: A synthesis and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(10), 1227-1240.
- Hamilton, A. F. (2013). Reflecting on the mirror neuron system in autism: A systematic review of current theories. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 3, 91-105.
- Hove, M. J. (2008). Shared circuits, shared time, and interpersonal synchrony. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(1), 29-30.
- Hove, M. J., & Risen, J. L. (2009). It's all in the timing: Interpersonal synchrony increases affiliation. *Social Cognition*, 27(6), 949-961.
- *Isenhower, R. W., Marsh, K. L., Richardson, M. J., Helt, M., Schmidt, R. C., & Fein, D. (2012). Rhythmic bimanual coordination is impaired in young children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(1), 25-31.
- Janata, P., Tomic, S. T., & Haberman, J. M. (2012). Sensorimotor coupling in music and the psychology of the groove. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 54-75.
- *Kaur, M., Srinivasan, S. M., & Bhat, A. N. (2018). Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without autism spectrum disorder (ASD). *Research in Developmental Disabilities*, 72, 79-95.
- Koch, S. C., Mehl, L., Sobanski, E., Sieber, M., & Fuchs, T. (2014). Fixing the mirrors: A feasibility study of the effects of dance movement therapy on young adults with autism spectrum disorder. *Autism*, 19(3), 338-350.
- Koehne, S., Hatri, A., Cacioppo, J. T., & Dziobek, I. (2016). Perceived interpersonal synchrony increases empathy: Insights from autism spectrum disorder. *Cognition*, 146, 8-15.
- LaGasse, A. B. (2014). Effects of a music therapy group intervention on enhancing social skills in children with autism. *Journal of Music Therapy*, 51(3), 250-275.
- LaGasse, A. B. (2017). Social outcomes in children with autism spectrum disorder: A review of music therapy outcomes. *Patient Related Outcome Measures*, 2017(8), 23-32.
- LaGasse, A. B., & Hardy, M. W. (2013). Considering rhythm for sensorimotor regulation in children with autism spectrum disorders. *Music Therapy Perspectives*, 31(1), 67-77.
- Linkenauger, S. A., Lerner, M. D., Ramenzoni, V. C., & Proffitt, D. R. (2012). A perceptual-motor deficit predicts social and communicative impairments in individuals with autism spectrum disorders. *Autism Research*, 5(5), 352-362.
- Lord, C., & Bishop, S. L. (2015). Recent advances in autism research as reflected in DSM-5

- criteria for autism spectrum disorder. *Annual Review of Clinical Psychology*, 11, 53-70.
- Maister, L., & Plaisted-Grant, K. C. (2011). Time perception and its relationship to memory in autism spectrum conditions. *Developmental Science*, 14(6), 1311-1322.
- *Morimoto, C., Hida, E., Shima, K., & Okamura, H. (2018). Temporal processing instability with millisecond accuracy is a cardinal feature of sensorimotor impairments in autism spectrum disorder: Analysis using the synchronized finger-tapping task. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(2), 351-360.
- *Price, K. J., Edgell, D., & Kerns, K. A. (2012). Timing deficits are implicated in motor dysfunction in Asperger's syndrome. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(2), 857-860.
- Ramachandran, V. S., & Oberman, L. M. (2006). Broken mirrors: A theory of autism. *Scientific American*, 295(5), 62-69.
- *Ravizza, S. M., Solomon, M., Ivry, R. B., & Carter, C. S. (2013). Restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders: The relationship of attention and motor deficits. *Development and Psychopathology*, 25(3), 773-784.
- Repp, B. H., & Su, Y. H. (2013). Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006-2012). *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(3), 403-452.
- Schmidt, R. C., Fitzpatrick, P., Caron, R., & Mergeche, J. (2011). Understanding social motor coordination. *Human Movement Science*, 30(5), 834-845.
- Schmitz, C., Martineau, J., Barthélémy, C., & Assaiante, C. (2003). Motor control and children with autism: Deficit of anticipatory function? *Neuroscience Letters*, 348(1), 17-20.
- *Sheridan, J., & McAuley, J. D. (1997). *Rhythm as a cognitive skill: Temporal processing deficits in autism*. Paper presented at the 4th Australasian Cognitive Science Conference, Newcastle, NSW. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/9062/d01b8886a4a49989d55a010820f9be1bcecf.pdf>
- Thaut, M. H., McIntosh, G. C., & Hoemberg, V. (2014). Neurologic music therapy: From social science to neuroscience. In M. H. Thaut & V. Hoemberg (Eds.), *Handbook of neurologic music therapy* (pp. 1-6). London: Oxford University Press.
- Thaut, M. H., McIntosh, G. C., & Hoemberg, V. (2015). Neurobiological foundations of neurologic music therapy: Rhythmic entrainment and the motor system. *Frontiers in Psychology*, 5, 1185.
- *Tryfon, A., Foster, N. E., Ouimet, T., Doyle-Thomas, K., Anagnostou, E., Sharda, M., & Hyde, K. L. (2017). Auditory-motor rhythm synchronization in children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 35, 51-61.

- Valdesolo, P., Ouyang, J., & DeSteno, D. (2010). The rhythm of joint action: Synchrony promotes cooperative ability. *Journal of Experimental Social Psychology, 46*(4), 693-695.
- Whyatt, C. (2018). More than meets the eye: Redefining the role of sensory-motor control on social skills in autism spectrum disorders. In E. B. Torres & C. Whyatt (Eds.), *Autism: The movement-sensing perspective* (pp. 73-88). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Yoo, G. E. (2016). Analysis of social communication measurement in the music therapy intervention literature for children with autism spectrum disorder. *Journal of Music and Human Behavior, 13*(1), 61-87.
- *Yoo, G. E., & Kim, S. J. (2018). Dyadic drum playing and social skills: Implications for rhythm-mediated intervention for children with autism spectrum disorder. *Journal of Music Therapy, 55*(3), 340-375.

- 게재신청일: 2019. 05. 03.
- 수정투고일: 2019. 05. 22.
- 게재확정일: 2019. 05. 22.

Rhythmic Tapping Task Performance in Children With Autism Spectrum Disorder: A Meta-Analysis*

Yoo, Ga Eul , Yoon, Ye Eun*****

This study reviewed and analyzed English-written studies using a rhythmic tapping task for motor control of children with autism spectrum disorder (ASD). Inclusion criteria for the participants were children with ASD and typically developing (TD) children. The keywords used for the outcome variables included rhythmic tapping, timed movement, and synchronization. Ten studies were included in the final analysis. The included studies were analyzed in terms of target variables, auditory stimuli, and measurements. A meta-analysis was also conducted to examine how children with ASD performed rhythmic tapping tasks compared to children with TD. In the identified studies, five variables were used: timed movement control, timing reproduction, bimanual coordination, synchronization, and interpersonal synchronization. It was found that rhythmic tapping performance was analyzed in terms of accuracy and precision of the movement and reported as significantly correlated to social skills measures. The meta-analysis results showed that there were no significant differences between the ASD and TD groups in continuing rhythmic movements when the presented auditory stimuli ended, whereas there were significant group differences in their ability to maintain their motor performance consistently and to synchronize with auditory cue or with others. These results support the rhythmic tapping task as an effective measure for not only motor control but also social skills development in children with ASD.

Keywords : autism spectrum disorder, motor control, rhythmic tapping, synchronization, meta-analysis

*This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea(NRF-2018S1A5B5A07073749)

**First and corresponding author: Adjunct Professor, Department of Music Therapy, Graduate School, Ewha Womans University, Korean Certified Music Therapist(KCMT) (bbird27@hotmail.com)

***Co-author: Researcher, Art Education and Therapy Institute, Ewha Womans University, Korean Certified Music Therapist(KCMT)