

머신러닝 분석을 활용한 초등학교 1학년 ADHD 위험군 아동 종단 예측모형 개발*

Development of a Machine-Learning Predictive Model for First-Grade Children at Risk for ADHD

이동미¹ 장혜인² 김호정³ 배진⁴ 박주희⁵

Dongmee Lee¹ Hye In Jang² Ho Jung Kim³ Jin Bae⁴ Ju Hee Park⁵

ABSTRACT

* 본 논문은 2021년 한국보육지원학회 춘계학술대회에서 포스터 발표한 논문을 수정·보완한 것임.

1 제1저자

연세대학교 대학원 아동·가족학과
인간생애와 혁신적 디자인
박사수료생

2 공동저자

연세대학교 대학원 아동·가족학과
박사수료생

3 공동저자

연세대학교 대학원 아동·가족학과
박사수료생

4 공동저자

중앙대학교 대학원 경영학과
박사수료생

5 교신저자

연세대학교 아동·가족학과 부교수
(e-mail : juheepark@yonsei.ac.kr)

Objective: This study aimed to develop a longitudinal predictive model that identifies first-grade children who are at risk for ADHD and to investigate the factors that predict the probability of belonging to the at-risk group for ADHD by using machine learning.

Methods: The data of 1,445 first-grade children from the 1st, 3rd, 6th, 7th, and 8th waves of the Korean Children's Panel were analyzed. The output factors were the at-risk and non-risk group for ADHD divided by the CBCL DSM-ADHD scale. Prenatal as well as developmental factors during infancy and early childhood were used as input factors.

Results: The model that best classifies the at-risk and the non-risk group for ADHD was the LASSO model. The input factors which increased the probability of being in the at-risk group for ADHD were temperament of negative emotionality, communication abilities, gross motor skills, social competences, and academic readiness.

Conclusion/Implications: The outcomes indicate that children who showed specific risk indicators during infancy and early childhood are likely to be classified as being at risk for ADHD when entering elementary schools. The results may enable parents and clinicians to identify children with ADHD early by observing early signs and thus provide interventions as early as possible.

key words ADHD, machine learning, longitudinal predictive model, first graders, early identification

I. 서론

주의력결핍-과잉행동장애(Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder; ADHD)는 아동 및 청소년에게서 가장 흔하게 관찰되는 신경발달장애 중 하나로서 대부분의 문화권에서 약 5%의 유병률을 보이는 것으로 보고되고 있다(American Psychiatric Association, 2013; Nyarko et al., 2017). 우리나라

라 아동과 청소년의 ADHD 유병률은 연구에 따라 2%~13%로 다소 차이가 있는데, 특히 초등학교를 중심으로 높은 유병률이 보고되고 있다. 비교적 최근 시행된 국내 초등학교 ADHD 유병률 연구들을 살펴보면, 초등학교 2학년에서 6학년 아동을 대상으로 시행된 김동원 등(2012)의 연구에서는 9.4%의 아동이 ADHD 증상을 보이는 것으로 나타났고, 서울과 고양, 대구, 제주에서 아동 정신건강 역학 조사를 실시한 결과 초등학교의 10.2%가 ADHD를 경험하는 것으로 보고되었다(보건복지부, 2018). 이와 같은 수치는 2000년대에 시행된 서울시 학교 정신보건사업(양수진, 정성심, 홍성도, 2006)에서 나타난 6.5%의 유병률을 훨씬 웃도는 결과로, ADHD로 임상 기관에 의뢰되거나 진단을 받는 우리나라 아동의 비율이 점차적으로 늘어나는 추세에 있음을 보여준다. 유병률의 증가와 더불어 ADHD 증상으로 인해 어려움을 호소하고 진단 기관에 의뢰되는 연령도 점차 낮아지고 있는 추세이다(이수정, 2018; Riddle et al., 2013). 또한 유아기에서부터 나타나는 주의력결핍 혹은 과잉행동 문제로 인한 어려움은 교육기관에서의 부적응으로 연결된다는 보고에도 불구하고(김원미, 조윤경, 2015) 부모와 교사들은 이와 같은 초기 발달적 문제를 일시적으로 나타나는 행동으로 간과하여 ADHD를 예측하는 위험 지표에 대한 민감한 변별을 하지 않는 경우가 많다는 것이 문제점으로 지적되고 있다(Curchack-Lichtin, Chacko, & Halperin, 2014).

선행 연구들에 따르면 아동의 ADHD 증상에 부모와 교사가 관심을 가지기 시작하는 시기는 아동이 본격적으로 구조화된 교육환경에 진입하기 시작하는 학령초기, 특히 초등학교 1학년 시기이다(이형선, 이숙, 2012). ADHD 아동들이 지닌 행동 특성이 학교라는 구조화된 학습 환경에서 눈에 띄게 드러나고, 이로 인해 아동이 학업과 또래관계 등에서 현저한 어려움을 경험하게 되기 때문이다(Gerry Taylor et al., 2019). 특히 초등학교 1학년 시기는 유아기에서 학령기로 넘어가는 전환기로서 아동들은 정해진 일과에 따라 학습을 하는 구조화된 환경에 적응하여야 하고 다양한 또래들과 관계를 맺으며 적절한 사회적 기술을 발전시켜야 하는 발달 과업을 맞이하게 된다. 이 시기에 주의력결핍 혹은 충동성과 과잉행동으로 인해 효과적인 적응에 어려움을 경험할 경우 그 부정적인 영향은 이후 학령 중기와 후기, 더 나아가 청소년기의 학업결손과 또래 거부, 우울과 불안 등 여러 부적응으로 이어질 수 있기에 ADHD 아동들이 학령기 전환기를 효과적으로 적응할 수 있도록 돕는 예방과 중재의 필요성이 강조되고 있다(전숙영, 2018; Rushton, Giallo, & Efron, 2019).

한편 ADHD 아동의 학령기 적응을 효과적으로 돕기 위해서는 아동이 학교 상황에서 문제를 경험하기 이전 시기인 영유아기부터 해당 증상에 관심을 가지고 빠른 개입을 실시하는 것이 무엇보다 중요하다. 이는 ADHD 아동들에게 있어서 두뇌 전전두엽(prefrontal lobe)의 기능적 손상으로 인한 집행 기능의 저하가 공통적으로 나타나는데, 뇌의 가소성(plasticity)이 상대적으로 높은 영유아기에 개입을 실시할 경우 집행 기능의 저하를 최대한 예방할 수 있기 때문이다(Bischof, 2007). 또한 조기개입을 통해 적응적인 행동을 학습시킴으로써 ADHD로 인해 나타날 수 있는 장기적인 부적응과 정서행동문제를 겪지 않도록 돕는다는 점에서 이후의 긍정적인 예후를 예측할 수 있다(Barkley, Murphy, & Fischer, 2008). 이처럼 ADHD에 대한 조기개입은 효과적인 중재를 위해 반드시 고려되어야 하는 부분이라 할 수 있는데 조기개입을 실시하기 위해서는 ADHD 위험군 아동을 사전에 정확히 선별해내는 단계가 선행되어야 하기 때문에, 다양한 발달 지표들을

바탕으로 ADHD 위험군 아동을 사전에 예측하는 모형을 개발하는 것은 ADHD에 대한 효과적인 예방과 중재를 위해 필수적으로 이루어져야 하는 작업이다.

ADHD 위험군 아동에 대한 사전 선별이 중요함에도 불구하고 이들에 대한 임상적 평가가 지연되는 주요한 원인 중 하나로서 아동이 보이는 ADHD 위험 가능성에 대한 발달 지표를 변별하는 것이 부모나 교사들에게 다소 어려운 과제라는 점을 들 수 있다. 부모와 교사가 ADHD 위험군 아동들이 보이는 산만하거나 과잉된 행동을 영유아기에 흔히 나타나는 발달적 특성으로 간주하여 선별을 목적으로 한 구체적이고 체계적인 관찰을 하지 않을 가능성이 크고(Curchack-Lichtin et al., 2014), 아동의 행동에 관심을 가지고 이를 면밀하게 관찰한다고 하더라도 어떠한 발달 지표가 추후 ADHD 위험 가능성을 예측하는지에 대한 전문적인 정보가 부족하기 때문이다(김원미, 조윤경, 2015; O'Neill, Schneiderman, Rajendran, Marks, & Halperin, 2014). 더욱이 ADHD는 다른 발달장애와 마찬가지로 이후의 진단 가능성을 강력하게 예측할 수 있는 단일한 지표가 규명되지 않았고, 태내기 경험에서부터 현재의 발달 지표 등을 통합적으로 고려해야 하기 때문에 임상전문가가 아닌 부모와 교사가 조기에 ADHD 위험군 아동을 선별하는 것은 결코 쉽지 않다. 만일 가정과 교육기관 등 일상생활에서 관찰할 수 있는 아동의 발달 특성 중 어떤 것이 ADHD 진단 가능성을 강력하게 예측하는 지표인지 알 수 있다면 ADHD 위험군 아동에 대한 효과적인 선별과 조기개입을 제공할 수 있는 기회가 크게 증가할 것이다. 즉, 부모와 교사가 일상환경 속에서 ADHD 위험군 아동을 변별하고 전문기관에 임상 평가와 중재를 의뢰할 가능성을 높임으로써 궁극적으로 아동의 효과적인 적응을 도울 수 있을 것이다.

그동안 ADHD 아동의 발달력과 행동 특성을 살펴본 연구들이 이루어짐에 따라 임신 중 어머니의 항생제 복용이나 조산 여부와 같은 태내기 및 출산 경험 요인, 영유아기의 수면 시간 등을 포함한 생활 습관, 운동발달과 인지발달, 사회성과 같은 전반적인 발달 지표들이 이후의 ADHD 위험 가능성을 예측하는 요인이 될 수 있다는 점이 밝혀졌다(Athanasidou et al., 2020; Berger, 2013; Bundgaard, Asmussen, Pedersen, & Bilenberg, 2018). ADHD는 선천적인 취약성의 영향을 받는 신경발달장애이므로 태내기의 경험이 초기 발달에 영향을 미칠 가능성이 있고 영유아기에서부터 낮은 수준의 언어발달과 인지발달, 사회적 능력의 부족 등 여러 지표들을 통해 취약성이 드러날 가능성이 크기에(Athanasidou et al., 2020; Bundgaard et al., 2018), 해당 발달 지표들을 면밀히 관찰함으로써 개입의 가능성을 확장할 수 있는 것이다. 그러나 ADHD 아동의 발달 지표들을 살펴본 선행 연구들은 대체로 부모의 회고식 보고를 통해 태내기와 영유아기 지표들을 측정하였다는 점에서 해당 측정치가 부모의 기억에 의해 왜곡되었을 수 있다는 제한점을 가지고 있다(박수빈 등, 2012). 뿐만 아니라 ADHD 진단에 대한 발달 지표들의 예측력을 살펴본 소수의 국내 연구들(박수빈 등, 2012; 여진영, 최세진, 주연호, 김효원, 2015)은 이미 전문기관에 의뢰된 임상군 아동을 주요 대상으로 하고 있다는 점에서 아직 전문적인 평가나 진단을 받지 않은 지역 사회 아동의 경우 여러 발달 지표 중 무엇이 이들의 이후 ADHD 위험 가능성을 예측하는 요인으로 작용하는지 검증한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 선행연구들의 제한점을 보완하여 지역사회 데이터를 사용하여 생애 초기부터 측정된 태내기와 출산 경험 요인, 그리고 영유아기의 발달 지표들을 종합하여 어떤 요인이 학령초기 ADHD를 예측하는 데 기여하는지 알아보고 이에 기초

하여 학령초기 ADHD 위험군 아동을 예측하는 중단 예측모형을 개발하는 것은 매우 중요한 과제이다.

이와 관련하여 예측의 정확성을 높이기 위한 방법으로 머신러닝 분석 방법을 적용할 수 있다. 머신러닝 분석은 다양한 예측 요인들을 포괄적으로 고려한 모형을 개발하고 가장 예측력이 좋은 요인들을 조합한 모형을 개발하는 데에 사용될 수 있기 때문에(Ge, Li, Yuan, Zhang, & Zhang, 2020) 향후 ADHD 위험군 아동과 비위험군 아동을 효과적으로 변별할 수 있는 기법으로 활용 가능하다. 또한 여러 예측 요인들을 동시에 모형 내에 투입하여 각 요인들의 상대적인 중요도를 검증하고 새로운 주요 예측 요인 탐색이 가능하다는 점에서 다양한 발달 지표들을 포함하여야 하는 ADHD 예측모형을 개발하는 데에 적합한 방법이라 할 수 있다. 뿐만 아니라 지금까지 축적된 방대한 데이터의 여러 변인들을 동시에 투입하고, 기존의 데이터에서 보이는 규칙과 패턴을 학습하여 새로운 데이터의 결과를 예측한다는 점에서 전통적인 통계분석에 비해 연구자의 개입이 상대적으로 적고 데이터 기반 의사결정을 도출한다는 강점을 가지고 있다(Braun, Hummel, Beck, Dabrock, 2020). 그러므로 ADHD 위험군 아동을 예측하는 데에 머신러닝 분석을 활용하는 것은 전통적인 통계분석에 비해 아동의 ADHD 위험 가능성에 대해 보다 경험적이고 객관적인 평가를 빠른 시간 안에 가능케 한다는 점에서 효율성이 높을 것으로 보인다. 또한 효과적인 예측 모형이 개발된다면 추후 임상 전문가가 ADHD를 예측하고 진단하는 의사결정을 보다 객관적으로 내릴 수 있도록 돕는 보조적인 도구로 활용될 수 있다는 점에서 해당 모형의 개발은 임상 현장에 유용한 시사점을 제공할 수 있을 것이다(Na, 2019).

본 연구에서는 머신러닝 분석 방법 중 과거 데이터를 학습하여 미래를 예측하고 집단을 분류하는 지도학습(supervised learning)의 문제 해결 기법인 로지스틱 회귀, 라쏘(LASSO) 벌점화 회귀 모형, 랜덤포레스트(randomforest), 그래디언트 부스팅(gradient boosting), Xgboost(eXtreme Gradient Boosting), 인공신경망 모형(neural network model) 알고리즘을 사용하여 한국아동패널 1~7차년도에 측정된 태내기 및 출산 경험과 영유아기 발달 지표 요인들로 8차년도에 측정된 초등학교 1학년 시기의 ADHD 위험군 여부를 중단 예측하는 모형을 만들고, 6개의 모형을 비교하여 예측 성능이 가장 우수한 모형을 최종 모형으로 채택하고자 한다. 또한 최종 예측모형에서 ADHD 위험 여부에 대해 높은 예측력을 갖는 것으로 나타나는 상위 예측변인들을 검증하고자 한다. 본 연구의 결과는 아직 문제가 심각하게 드러나지는 않았지만 학령초기에 ADHD 증상이 나타날 가능성이 높은 아동을 미리 예측하여 개입을 계획할 수 있게 한다는 점(Sonuga-Barke, Koerting, Smith, McCann, & Thompson, 2011)에서 임상 평가와 조기개입의 대상을 확장하고, 궁극적으로 ADHD 위험군 아동의 부적응을 예방하고 적응적인 발달을 도모할 수 있게 한다는 임상적 의의를 지닐 것으로 보인다. 또한 다양한 변인들을 한 모형에 투입하여도 모형의 예측력이 저하되지 않는 머신러닝 분석 방법의 강점을 반영하여 그 동안 ADHD에 대한 위험 지표로 보고되어 온 다양한 예측변인들을 한 모형에 투입하고 높은 예측력을 갖는 상위 예측변인들을 검증함으로써, 영유아기에 관찰 가능한 많은 발달 지표들 중에서도 이후 학령기에서의 ADHD 위험 여부를 선별하기 위해 어떤 지표를 주요한 자료로 활용해야 하는지에 대한 실제적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구의 주요 연구문제는 아래와 같다.

연구문제 1. 태내기 및 출산 경험과 영유아기 발달 지표 요인들로 초등학교 1학년 아동의 ADHD 위험 여부를 예측한 머신러닝 모형 별 예측력은 어떠한가?

연구문제 2. 태내기 및 출산 경험과 영유아기 발달 지표 요인들 중 초등학교 1학년 아동의 ADHD 위험 여부를 예측하는 주요 예측변인은 무엇인가?

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 2008년도에 출생하여 2015년에 초등학교 1학년이 된 아동으로 육아정책연구소에서 2008년부터 구축해오고 있는 종단연구자료인 한국아동패널(Panal Study of Korean Children[PSKC])의 1차년도, 3차년도, 6차년도, 7차년도, 8차년도 자료를 활용하였다. 한국아동패널에서 측정된 자료들 중 매년 측정된 변인의 경우 영아기 발달지표로 3차년도 측정치를 사용하였고 유아기 발달지표로 6차년도 측정치를 사용하였다. 다만, 학습준비도와 학업 능력, 사회적 유능감은 7차년도에만 측정이 되었기 때문에 해당 년도의 자료를 활용하였다. 5개 시점의 자료를 모두 활용할 수 있는 총 1,445명의 자료를 최종 분석에 사용하였으며, 이 중 남아가 737명(51%)이고 여아가 708명(49%)이었다.

2. 측정도구

1) 결과변인: CBCL DSM-ADHD

초등학교 1학년 시기에 측정된 한국아동패널 8차년도 자료의 CBCL DSM-ADHD 척도는 2010년에 표준화된 한국판 CBCL 6-18(아동·청소년 행동평가척도 부모용)의 DSM 진단척도 중 하나로 ADHD 집단과 일반 비교집단, 그리고 ADHD 집단과 ADHD 이외의 진단을 받은 임상 비교집단을 유의하게 변별하는 척도로 국내외에서 보고된 바 있다(김상아, 하은혜, 2016; 이서정 등, 2015; Lacalle, Ezpeleta, & Doménech, 2012; Nakamura, Ebesutani, Bernstein, & Chorpita, 2009). 해당 척도는 부모가 자녀의 행동에 대해 응답하는 것으로써 총 7개 문항으로 구성되어 있다. 구체적인 문항내용은 ‘충동적이거나 생각해보지 않고 행동한다’, ‘집중을 잘 못하고 쉽게 산만해진다’ 등을 포함하며 행동에 일관성이 없고 부산하거나 한 가지 일에 주의집중하는 데 어려움을 겪고 즉각적인 욕구 충족을 바라는 것과 관련된다. 각 문항은 ‘전혀 해당되지 않는다(0점)’, ‘가끔 그렇거나 그런 편이다(1점)’, ‘자주 그런 일이 있거나 많이 그렇다(2점)’의 3점 리커트 척도로 응답하게 되어 있다. 가능한 원점수의 범위는 0~14점이며, 점수가 높을수록 ADHD 증상을 많이 보임을 의미한다.

임상 및 준임상 집단을 판단하기 위한 원점수의 절단점(cut-off score)은 성별에 따라 달라지는데 초등학생 남아의 경우 10점 이상이 임상군, 7점 이상이 준임상군으로 분류되며, 초등학생 여아의 경우에는 8점 이상이 임상군, 6점 이상이 준임상군으로 간주된다. 이를 상대적 비교를 위하여 T점수로 환산하면 임상군은 T점수 70점 이상(백분위 98)에 해당하고, 준임상군은 T점수 65점 이상(백분위 93)에 속한다. 그런데 CBCL 6-18의 절단점은 선별의 목적이나 사용자의 판단에 따라 상향 또는 하향 조정하여 유연하게 적용 가능하므로(Achenbach & Rescorla, 2001), 초등학교 1학년 시기의 ADHD 위험군 여부를 이전 발달 시기의 요인들로 예측하고자 하는 본 연구의 목적에는 다소 낮은 절단점을 적용하여 잠재적 고위험 집단을 폭넓게 포함하는 것이 적절할 수 있다. 문제가 없는 아동을 개입 대상으로 잘못 분류할 때보다 어려움을 경험하고 있는 아동을 누락하여 적절한 개입을 제공하지 못하는 것이 더 큰 위험을 안고 있는 점을 감안해야 하는 것이다. 실제로 ADHD 집단과 일반 비교집단과의 변별에는 일반적인 절단점보다 다소 낮은 T점수 60점을 기준으로 삼는 것이 개입 대상에 대한 일차적인 선별에 효과적이라는 주장에 근거하여(이서정 등, 2015) 본 연구에서는 CBCL DSM-ADHD의 T점수 60점을 기준으로 이분형으로 범주화하여 모형에 투입하였다(60점 미만 = 0: 일반군, 60점 이상 = 1: 위험군).

2) 예측변인

ADHD를 예측하는 발달지표들을 검증한 선행연구들(Athanasidou et al., 2020; Berger, 2013; Bundgaard et al., 2018; Latimer et al., 2012)을 종합하여 아동 패널 자료에서 활용 가능한 예측변인들을 발달 시기별로 다음 표 1과 선정하였다. 구체적으로, 출산 전 어머니의 우울과 임신 중 항생제 복용 여부, 조산 여부를 태내기 및 출산 경험 요인으로 포함하였고, 만 2세 시기의 의사소통 능력과 문제해결능력, 사회성, 대근육과 소근육 운동 능력, 기질 등을 영아기 요인으로, 만 5세 시기의 인지 발달과 언어 발달, 그리고 만 6세에 측정된 학습준비도와 학업능력, 사회적 유능성 등을 유아기 요인으로 선정하였다. 그 결과, 부모 또는 교사가 응답한 총 40개 변인이 예측모형에 투입되었으며, 변인 특성에 따라 응답을 이분형으로 범주화하거나 평균을 0, 표준편차를 1로 표준화하였다.

표 1. 분석에 포함된 예측변인들의 목록 : 총 40개 변인

요인	측정시기 (만 나이)	변수 명	응답자	문항처리방식
태내기 및 출산 경험 요인	0세	출산 전 모 우울	부모	총점 산출 후 표준화
		조산 여부	부모	이분형 범주화(0: 조산 아님, 1: 조산)
	6세	임신 중 항생제 여부	부모	이분형 범주화(0: 없음, 1: 있음)
영아기 요인	2세	K-ASQ 의사소통	부모	총점 산출 후 표준화
		K-ASQ 문제해결능력	부모	총점 산출 후 표준화
		K-ASQ 개인-사회성	부모	총점 산출 후 표준화
		K-ASQ 대근육 발달	부모	총점 산출 후 표준화

표 1. 계속

요인	측정시기 (만 나이)	변수 명	응답자	문항처리방식
영아기 요인	2세	K-ASQ 소근육 발달	부모	총점 산출 후 표준화
		K-Denver 발달	부모	이분형 범주화(0: 정상발달, 1: 의심스러운 발달)
		기질-활동성	부모	총점 산출 후 표준화
		기질-부정적 정서성	부모	총점 산출 후 표준화
		기질-사회성	부모	총점 산출 후 표준화
		숙면여부	부모	이분형 범주화 (0: 밤잠 자다 깨지 않음, 1: 밤잠 자다 깸)
		수면시간	부모	이분형 범주화 (0: 12시간 이상, 1: 12시간 미만)
유아기 요인	5세	인지발달(교실상황관찰)	교사	표준점수 그대로 사용
		언어발달(교실상황관찰)	교사	표준점수 그대로 사용
	6세	학습준비도-사회정서발달	부모	총점 산출 후 표준화
		학습준비도-학습에 대한 태도	부모	총점 산출 후 표준화
		학습준비도-의사소통	부모	총점 산출 후 표준화
		학습준비도-인지발달 및 일반적 지식	부모	총점 산출 후 표준화
		학습준비도-사회정서발달	교사	총점 산출 후 표준화
		학습준비도-학습에 대한 태도	교사	총점 산출 후 표준화
		학습준비도-의사소통	교사	총점 산출 후 표준화
		학습준비도-인지발달 및 일반적 지식	교사	총점 산출 후 표준화
		학업능력-언어 및 문해	부모	총점 산출 후 표준화
		학업능력-수리적 사고	부모	총점 산출 후 표준화
		학업능력-언어 및 문해	교사	총점 산출 후 표준화
	학업능력-수리적 사고	교사	총점 산출 후 표준화	
	6세	숙면여부	부모	이분형 범주화 (0: 밤잠 자다 깨지 않음, 1: 밤잠 자다 깸)
		수면시간	부모	이분형 범주화 (0: 9시간 이상, 1: 9시간 미만)
		또래 놀이행동-놀이 상호작용	교사	총점 산출 후 표준화
		또래 놀이행동-놀이 방해	교사	총점 산출 후 표준화
		또래 놀이행동-놀이 단절	교사	총점 산출 후 표준화
		사회적 유능감-주장성	부모	총점 산출 후 표준화
		사회적 유능감-협력성	부모	총점 산출 후 표준화
		사회적 유능감-자기통제	부모	총점 산출 후 표준화
		사회적 유능감-책임성	부모	총점 산출 후 표준화
사회적 유능감-주장성		교사	총점 산출 후 표준화	
사회적 유능감-협력성		교사	총점 산출 후 표준화	
사회적 유능감-자기통제		교사	총점 산출 후 표준화	

3. 분석방법

초등학교 1학년 시기의 ADHD 위험군을 예측하기 위한 이전 발달 시기의 조기 선별 요인을 탐색하고자 머신러닝의 지도학습 기법 중 여러 알고리즘을 적용하고 비교하였다. 분석과정은 그림 1의 절차와 같다. 첫째, 데이터 분석을 위한 전처리(pre-processing) 절차로서 모형 성능의 극대화 및 예측변인의 상대적 비교를 위해 모형에 포함된 모든 변인들을 범주화 또는 표준화하였다. 둘째, R 통계프로그램(Ver. 4.0.3)의 mice 패키지(Ver. 3.11.0)를 연동하여 결측치를 10회 대체한 후 모형에 투입하였다. 셋째, 분석에 포함된 총 1,445명의 자료를 7:3의 비율로 나누어 훈련용 자료(training data set)와 검증용 자료(test data set)로 무작위로 배정하였다. 이때, 본 데이터의 경우 ADHD 위험군 비율이 13%로 일반군에 비해 현저히 적은 것으로 나타났기 때문에 집단 간 분포의 편차가 큰 불균형 데이터(imbalanced data)임을 고려하여 언더 샘플링(under sampling)을 적용하였다. 대부분의 기계학습 알고리즘에서는 이분형 데이터를 분류할 때 집단 간 비율이 동등해야 학습의 왜곡이 방지될 수 있다. 언더 샘플링 방식은 데이터 불균형 문제를 해소하는 대표적인 방법 중 하나로서 소수 범주를 기준으로 다수 범주에 속해있는 데이터를 무작위로 중복되지 않도록 추출하고, 소수 범주 데이터와 다수 범주 데이터를 1:1 비율로 균형있게 맞추어 학습하도록 한다(이규남, 임종태, 복경수, 유재수, 2019). 넷째, 분류 문제를 해결하기 위한 머신러닝의 지도학습 기법 6가지(로지스틱 회귀, LASSO 벌점화 회귀모형, 랜덤포레스트, 그래디언트 부스팅, Xgboost, 인공신경망 모형)를 각각 적용하고 모형의 성능을 비교하였다. 이 과정에서 모형에 포함된 변인들의 과적합(overfitting)을 방지하고 예측의 정확도를 높이기 위하여 훈련용 자료를 다시 5개의 데이터 세트로 나누어 데이터 세트들을 반복분석하며 모형을 추정하는 교차검증(5-fold cross-validation)을 실시하였다. R 프로그램의 caret 패키지를 이용하여 머신러닝 알고리즘의 학습 및 평가를 수행하였으며, 구체적으로 LASSO는 glmnet(Ver. 2.0-16), 랜덤포레스트는 randomForest 패키지(Ver. 4.6-14), 그래디언트 부스팅은 gbm(Ver. 2.1.5), Xgboost는 xgbtree(Ver. 1.4.1.1), 인공신경망 모형은 nnet(Ver. 7.3-14) 패키지를 연동하여 분석하였다. 이 때 6가지 머신러닝 기법의 예측력을 정확도, 민감도, 특이도, ROC 곡선 등 여러 모형 성능 평가지표들을 통해 다각적으로 검증하였으며, 이 중 가장 성능이 우수하게 나타난 머신러닝 알고리즘에 대하여 예측변인 중 ADHD 위험군 아동을 예측하는데 영향을 미치는 중요도 지수 상위 10개 변인을 확인하고 그 관계를 탐색하였다.

Ⅲ. 결과 및 해석

1. 예측모형 성능 평가

머신러닝에서의 모형 성능은 훈련용 자료(training data set)에서 구축한 예측모형을 검증용 자료(test data set)에 적용해봄으로써 모형의 일반화 가능성을 평가하며, 여러 모형 평가지표를 종합적으로 고려하여 예측모형이 신뢰할 만 한지를 판단한다. 각각의 알고리즘에 대한 예측 결과는

표 2에 제시되어 있는데 먼저 ADHD 일반군과 위험군을 정확하게 분류한 정도를 보여주는 정확도(accuracy)의 경우, 6개 기법이 전반적으로 약 63%~69%에 분포하였으며 그 중 LASSO 알고리즘이 69.63%로 정확도가 가장 높게 나타났다. 집단을 0(음성) 또는 1(양성)로 이진분류할 경우, 민감도(sensitivity)는 실제로 1인 케이스를 1로 바르게 예측한 표본의 비율로서, 본 연구의 경우 실제 ADHD 위험군 아동이 모형에 의해 ADHD 위험군으로 적절하게 예측된 비율을 나타낸다. 인공신경망 모형을 제외한 나머지 5가지 기법은 모두 민감도가 약 62%~77% 이상으로 중간 수준보다 상당히 높게 나타났다. 또한 정상인 경우를 바르게 예측한 비율, 즉, 실제 ADHD 일반군 아동이 모형에 의해 ADHD 일반군으로 적절하게 분류될 확률을 나타내는 특이도(specificity)는 약 62%~69% 범위로 중간 수준에서 다소 높게 나타났다.

위에서 언급한 각각의 성능평가 지표들을 종합적으로 고려하는 것이 필요한데, 학습된 모형을 다각도로 평가하고 비교하기 위하여 ROC 곡선(Receiver Operating Characteristic-curve) 아래의 AUC 면적(Area Under ROC Curve-area)을 백분율(%)로 나타낸 ROC-AUC 점수를 활용할 수 있다. ROC 곡선은 1-특이도(false positive rate)를 X축으로 하고, 민감도(true positive rate)를 Y축으로 하여 그래프로 나타낸 결과로서 ROC-AUC 점수의 경우 AUC 면적이 넓어져 100%에 수렴할수록 예측력이 우수하다고 본다. 대체로 ROC-AUC 점수가 70% 초과 90% 이하의 범위이면 예측이 정확한 편임(moderately accurate)을 의미하는데(Greiner, Pfeiffer, & Smith, 2000) 본 연구결과 그림

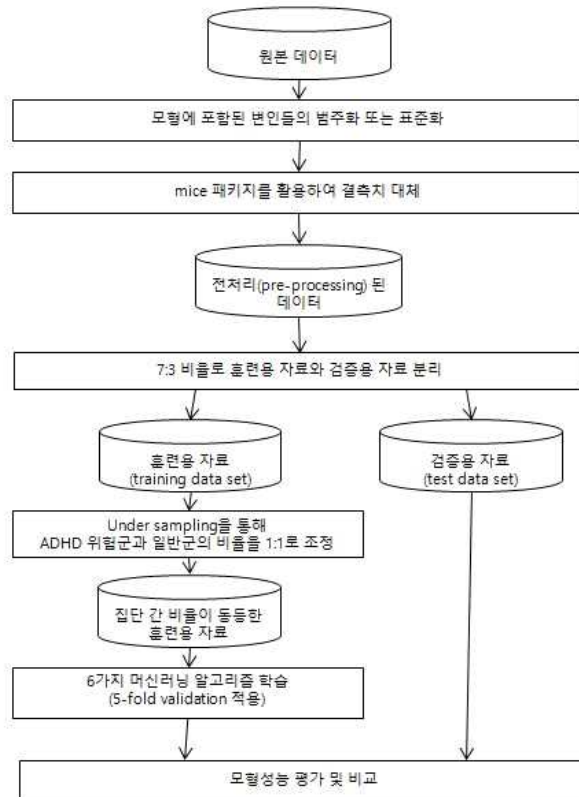


그림 1. 머신러닝 분석과정

2에 제시된 바와 같이 6개의 알고리즘별 예측모형의 ROC-AUC 점수가 약 67%~74%에 분포하여 전반적으로 머신러닝 기법을 통해 초등학교 1학년 시점의 ADHD 위험 여부를 적절하게 분류할 수 있음을 보여주었다. 그 중에서 LASSO 알고리즘이 74.73%로 가장 우수한 결과를 보였고, 그 다음으로 랜덤포레스트가 71.81%, Xgboost가 71.13%, 그래디언트 부스팅이 70.53%로 높은 예측 성능을 보였다. 이를 통해 본 연구에서 수립한 LASSO 알고리즘을 통해 초등학교 1학년 시점에서 ADHD 위험군 여부를 가장 정확하게 변별할 수 있음을 확인하였다.

표 2. ADHD 위험군 여부에 대한 머신러닝 알고리즘의 모형 성능평가 (단위 : %)

	로지스틱회귀	LASSO	랜덤 포레스트	그래디언트 부스팅	Xgboost	인공신경망 모형
정확도 (Accuracy)	66.23	69.63	64.92	63.09	64.14	63.09
민감도 (Sensitivity)	62.50	72.92	70.83	77.08	70.83	54.17
특이도 (Specificity)	66.77	69.16	64.07	61.08	63.17	64.37
ROC-AUC 점수	69.97	74.73	71.81	70.53	71.13	67.75

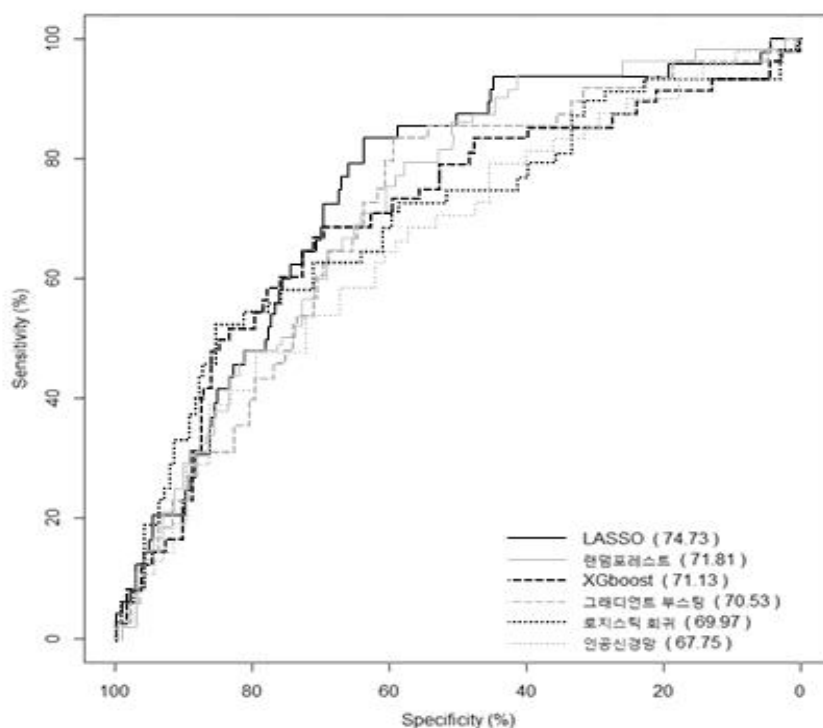


그림 2. ADHD 위험군 여부에 대한 머신러닝 알고리즘별 예측 성과 비교 (ROC-AUC 점수)

2. 예측변인의 중요도

LASSO 알고리즘 분석 결과, 초등학교 1학년 시점의 ADHD 위험군 예측에 기여한 태내기, 영아기, 그리고 유아기의 변인들이 가지는 상대적 중요도는 표 3과 같이 나타났다. 모형에 투입했던 총 40개 변인 중 상대적으로 예측에 미치는 영향이 높게 나타난 상위 10개 변인을 추출하였다. 그 결과, 만 2세 시점에 측정한 영아기의 부정적 정서성 기질과 의사소통 능력, 대근육운동 능력이 초등학교 1학년 시점의 ADHD를 예측할 가능성이 높은 것으로 나타났으며, 유아기 변인들 중에서는 만 6세 시점에서 부모가 평정한 사회적 유능감(주장성, 자기통제, 책임성, 협력성)과 학습준비도 중 학습에 대한 태도와 인지발달 및 일반적 지식, 그리고 교사가 평정한 언어 및 문해 능력이 향후 ADHD 위험을 예측할 가능성이 높은 것으로 나타났다.

이들의 구체적인 방향성을 살펴보면, 영아기 요인에서는 부정적 정서성 기질이 높을수록, 의사소통 능력과 대근육운동 능력이 낮을수록 ADHD 위험군이 될 가능성이 증가하였다. 유아기 요인의 경우, 사회적 유능감 중 자기통제, 책임성, 협력성은 낮을수록 ADHD 위험이 증가한 반면, 주장성은 높을수록 향후 ADHD로 분류될 가능성이 높게 나타났다. 또한, 학습준비도 중 학습에 대한 태도가 부정적이고 인지발달 및 일반적 지식이 낮을수록, 그리고 학업능력 중 언어 및 문해 능력이 낮을수록 ADHD 위험군으로 분류될 가능성이 높아지는 것으로 나타났다.

표 3. LASSO 알고리즘의 상대적 중요도 지수 상위 10개 예측변인

	변인명	문항 예시	coefficient
	부정적 정서성 기질	우리 아이는 잘 운다, 우리 아이는 쉽게 기분이 나빠진다 등	0.240
영아기 (만 2세)	의사소통(K-ASQ)	22개월 아이가 ‘엄마’, ‘아빠’ 외에 8개 이상의 단어를 말합니까?, 24개월 아이에게 그림을 가리키며 “이것이 뭐예요?”라고 물어보면 아이가 하나 이상 정확하게 대답합니까? 등	-0.145
	대근육운동(K-ASQ)	22개월 아이가 아무것도 잡지 않고 발길질하여 공을 찹니까?, 24개월 아이가 두 발을 모아 깡충 뛴니까? 등	-0.417
	사회적 유능감 중 주장성 (부모 평정)	다른 사람에게 먼저 말을 건넨다, 자신의 집에 다른 사람을 초대한다 등	0.550
	사회적 유능감 중 자기통제 (부모 평정)	부모의 지시에 따른다, 다른 사람과 게임을 할 때 규칙을 지킨다 등	-0.540
	학습준비도 중 학습에 대한 태도 (부모 평정)	수업 활동에 열정적으로 흥미를 가지고 참여한다, 스스로 선택한 활동을 15분 정도 지속한다 등	-0.529
유아기 (만 6세)	학습준비도 중 인지발달 및 일반적 지식 (부모 평정)	책의 내용을 이해한다, 활동을 기억하고 사건의 순서를 설명할 수 있다 등	-0.288
	사회적 유능감 중 책임성 (부모 평정)	친구나 형제에게 감사를 표현한다, 가족구성원의 특별한 날을 축하한다 등	-0.191
	학업능력 중 언어 및 문해 (교사 평정)	다소 복잡한 문장 구조를 사용한다, 누군가 읽어준 글이나 이야기를 이해하고 해석한다 등	-0.135
	사회적 유능감 중 협력성 (부모 평정)	시키지 않아도 집안일을 돕는다, 자발적으로 가족구성원의 일을 돕는다 등	-0.131

IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 머신러닝 기법을 적용하여 한국아동패널 1~7차년도에 측정된 태내기 및 출산 경험과 영유아기 발달 지표 요인들로 초등학교 1학년 시기의 ADHD 위험군 여부를 종단 예측하는 모형을 개발하고, ADHD 위험 여부에 대해 높은 예측력을 갖는 것으로 나타나는 상위 예측변인들을 검증하고자 하였다. 본 연구의 주요 연구 결과를 요약하고 이에 대해 논의하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 초등학교 1학년 시기의 ADHD 위험군 여부를 종단 예측하기 위해 머신러닝의 6가지 알고리즘을 활용하여 모형을 개발한 결과 정확도와 민감도, 특이도는 모두 약 62%~77% 범위로 나타났으며, 성능평가 지표들을 종합적으로 고려하여 산출한 ROC-AUC 점수는 약 67%~74%에 분포하였다. 이와 같은 결과는 머신러닝 기법을 통해 본 연구에서 수립한 예측 모형이 초등학교 1학년 시점의 ADHD 위험군을 적절하게 변별할 수 있음을 시사하는 것이며, 나아가 머신러닝 기법이 임상 현장에서 ADHD 위험군을 객관적으로 예측하고 진단하는 데 활용될 수 있는 가능성을 보여주는 것이다.

둘째, 6가지 머신러닝 알고리즘의 모형 성능지표를 종합적으로 고려한 결과, LASSO 알고리즘을 통해 초등학교 1학년 시점의 ADHD 위험을 가장 정확하게 변별할 수 있음을 확인하였고, 이를 최종 예측모형으로 채택하였다. LASSO 알고리즘으로 초등학교 1학년 시점의 ADHD 위험군 예측에 기여한 변인들의 상대적 중요도를 분석한 결과, 만 2세 시기의 부정적 정서성 기질과 의사소통 능력, 대근육운동 능력이 초등학교 1학년 시점의 ADHD에 대한 예측력이 높은 것으로 나타났으며, 유아기 변인들 중에서는 만 6세 시점에서 부모가 평정한 사회적 유능감과 학습준비도 중 학습에 대한 태도와 인지발달 및 일반적 지식, 그리고 교사가 평정한 언어 및 문해능력이 향후 ADHD 위험을 예측할 가능성이 높은 것으로 나타났다.

주요 예측변인에 대한 결과를 종합하여 해석하면 다음과 같다. 우선, 영아기보다는 유아기에 이후의 ADHD 위험을 예측하는 변인이 더 다양하게 나타나며 특별히 유아기에 관찰되는 아동의 사회적 능력이 이후 ADHD를 예측하는 주요한 발달 지표임이 확인되었다. 이는 ADHD 위험 아동이 유아기에서부터 낮은 사회적 능력을 보이는 것으로 보고한 선행연구들(Ramos et al., 2013; Thomas, Shapiro, DuPaul, Lutz, & Kern, 2011)과 맥을 같이하는 결과이다. 본 연구에서 만 6세 시점에 부모가 평정한 사회적 유능감에 해당하는 변인들인 자기통제, 책임성, 협력성, 주장성이 모두 ADHD 위험군에 대한 높은 예측력을 보이는 것으로 나타났는데 변인 간 관계에 대한 구체적인 방향성을 살펴보면 자기통제, 책임성, 협력성 수준이 낮을수록 ADHD 위험군에 속할 가능성이 증가한 반면, 주장성은 높을수록 이후 ADHD 위험군으로 분류될 가능성이 높은 것으로 나타났다. 사회적 유능감은 다양한 사회적 상황에서 원활하게 사회적 상호작용을 하고, 중요한 사회적 관계를 유지할 수 있도록 하는 행동이나 사회적 기술로(Rantanen, Eriksson, & Nieminen, 2012), 자기통제와 책임성, 협력성, 주장성 모두 점수가 높을수록 사회적 유능감이 높음을 의미한다. 일반적으로 주장성 수준이 높은 것은 다른 사람에게 먼저 말을 건네거나 처음 만난 사람에게 자신을 잘 소개하는 등 사회적 상황에서 관계를 잘 개시하고 자신의 의견을 적극적으로 주장하는 긍정적인 특성을 내포하지만, 취학 전 만 6세 경에 지나치게 높은 주장성을 보이는 것은 이후

ADHD 위험군에 속할 가능성을 예측하는 것으로 나타난 점이 주목할 만하다. 실제로 Whalen, Henker, Castro, 그리고 Granger(1987)의 연구 결과에 따르면, ADHD 위험군 아동들은 유아기에 관계를 개시하는 데에 큰 어려움을 보이지 않으며, 오히려 일반군 아동들보다 더 적극적으로 관계를 시작하고 자신의 주장을 표현하는 행동을 보이는 경향이 있다. 그러나 관계를 지속적으로 유지하기 위해서는 자신의 주장을 적극적으로 피력할 뿐 아니라 정서와 행동을 적절하게 조절하고 주어진 역할에 책임을 갖고 참여하며 타인을 배려하고 협력할 수 있어야 한다(Eisenberg et al., 1995). 본 연구 결과에 따르면 ADHD 위험군 아동은 유아기에 낮은 자기통제 능력과 책임성, 협력성을 보일 가능성이 높은 것으로 나타났는데 이는 이들이 적극적으로 사회적 관계를 개시할 수는 있지만 해당 관계를 긍정적으로 유지하는 데에 필요한 능력이 부족한 양상을 보일 가능성이 높음을 시사한다. ADHD 아동이 또래와의 놀이 상황이 지속될 경우 규칙이나 순서를 잘 지키지 않거나 부모와 교사의 지시를 따르지 않는 등 사회적 관계를 긍정적으로 유지하기 위해 필요한 행동에 미숙함을 보이는 경우가 많다는 선행연구 결과들(Guevremont & Dumas, 1994; Ros & Graziano, 2018; Turcotte Benedict, Vivier, & Gjelsvik, 2015)과 맥을 같이 하는 것이다. 이와 같은 결과는 ADHD 위험군 아동을 조기 선별하기 위해 사회적 능력을 평가할 때에 이들의 주장성 뿐 아니라 자기통제 능력과 책임성, 협력성 등을 함께 고려하여 종합적인 사회적 기술 양상을 관찰할 필요가 있음을 시사하며, ADHD 위험군 아동은 유아기에서부터 사회적 관계 유지에 미숙한 행동을 보일 가능성이 크므로 이들을 대상으로 사회적 관계에서 자신의 정서와 행동을 조절하고 주어진 역할에 참여하며 타인과 협력하는 기술을 지도할 필요성이 있음을 보여준다.

유아기의 사회적 능력에 이어서 만 6세 시점에서의 부모가 평정한 학습준비도 역시 초등학교 1학년 시기에 ADHD 위험군에 속할 가능성을 예측하는 주요 변인으로 나타났는데, 구체적으로 학습에 대한 태도가 좋지 않고 인지발달 수준이 낮을수록 ADHD 위험군이 될 가능성이 높아지는 것으로 확인되었다. 학습에 대한 태도는 학습활동에 적극적으로 참여하고 교사의 지시와 집단 내 규칙을 준수하며 활동에 집중하는 태도를 의미하며, 인지발달 및 일반적 지식 수준은 책의 내용을 이해하고 활동이나 사건의 순서를 정확히 기억하는 등 발달 수준에 적절한 인지능력을 갖추었는지에 대한 측정치다. 유아기의 낮은 학습 태도와 인지발달 수준이 초등학교 1학년 시기에 ADHD 위험군에 속할 가능성을 보여주는 지표임을 확인한 본 연구 결과는 ADHD로 진단받은 아동의 경우 유아기 때부터 수업 중에 주어진 규칙과 지시를 따르지 않으며, 주의집중 시간이 짧고 주의가 쉽게 산만해지는 등 학습태도에 있어 일반 아동과 차이를 보일 뿐 아니라 인지적 결핍의 특성을 보일 가능성이 높다는 선행연구 결과(Colomer, Berenguer, Rosello, Baixauli, & Miranda, 2017; Hoza, Waschbusch, Owens, Pelharm, & Kipp, 2001)를 지지하는 것이다. Barkley (1997)에 따르면 ADHD 아동이 보이는 낮은 학습태도와 인지발달에서의 어려움은 집행기능과 같은 보다 높은 상위 수준의 인지 과정과 관련되어 있을 가능성이 있다. 즉, 교실 내에서 교사의 지시를 따르지 않거나 주의가 쉽게 산만해지고, 자주 다른 사람의 말에 끼어들고 행동조절에 어려움이 있는 아동의 경우 집행기능 중 억제(inhibition) 능력의 결함으로 초래되는 행동일 가능성이 있는 것이다(이동형, 2009; 문영경, 장혜주, 2019). 또한 정보를 일시적으로 유지하고 이해하며 적절히 처리하는 작업 기억에 결함이 있는 경우, 읽은 책의 내용을 잘 이해하거나 기억하지 못하

는 등 또래에 비하여 인지발달 및 일반적 지식 수준이 낮은 것으로 보고될 수 있다. 즉, 만 6세 유아의 학습태도나 인지발달 및 일반적 지식 수준이 또래에 비하여 낮거나 어려움이 있는 것으로 보고되는 경우, 이와 같은 특성이 아동의 집행기능 발달 상의 결함을 반영함과 동시에 ADHD 위험군이 될 가능성이 높음을 의미할 수 있으므로 부모나 교사가 해당 유아의 학습태도나 인지발달에 면밀한 관심을 기울일 필요가 있음을 보여준다.

한편, 발달 시기에 맞는 언어 능력을 갖추고 타인과 적절히 상호작용하는 능력을 의미하는 의사소통 및 언어 능력은 영아기와 유아기 모두에서 공통적으로 초등학교 1학년 시기의 ADHD 위험군에 속할 가능성을 예측하는 주요 지표로 나타났다는 점에서 주목할 필요가 있다. 먼저 만 2세에 어머니가 평정한 의사소통 수준이 낮을 경우 이후 ADHD 위험군으로 분류될 가능성이 높은 것으로 보고되었는데, 이는 영아기에 나타나는 언어발달 지연과 의사소통 지체가 ADHD 위험군을 예측할 수 있는 주요한 요인이라는 선행연구 결과(Gurevitz, Geva, Varon, & Leitner, 2014; Humphries, Koltun, Malone, & Roberts, 1994)와 일치한다. 언어 능력은 ADHD의 주된 증상과 관련 있는 주의력과 학습 능력, 사회적 상호작용 발달에 기반이 되므로(Cohen et al., 2000) 영아기의 언어발달 지연은 아동기의 ADHD 진단 가능성을 높이는 요인으로 작용할 수 있다는 것이다. 한편, 언어장애와 ADHD는 공통적으로 뇌의 전두엽(frontal lobe)과 기저핵(basal ganglia), 신경전달물질의 기능 이상, 그리고 작업 기억(working memory)의 저하를 보였다는 연구결과로 미루어볼 때, 신경생리학적으로 언어 능력과 ADHD 증상이 서로 밀접한 관련을 맺고 있어 ADHD 위험군 아동이 발달 초기에서부터 낮은 수준의 언어 능력을 보였을 가능성도 추론해볼 수 있다(Sady, Nabeih, Mostafa, & Sadek, 2013; Williams, Stott, Goodyer, & Sahakian, 2000). 영아기의 의사소통 능력뿐 아니라 만 6세 시기에 교사가 평정한 언어 및 문해능력 역시 이후 ADHD 위험군을 예측하는 주요 변인인 것으로 나타났다. 즉, 만 6세 시기에 다른 사람이 읽어준 글이나 이야기를 이해하지 못하고 글에서 주어진 단서를 보고 이후에 이어질 이야기를 추측하는 데에 어려움이 있거나, 또래에 비하여 말하거나 읽기, 쓰기 활동 수준이 낮은 것으로 나타나는 경우 향후 ADHD로 진단받을 가능성이 높다는 것을 의미한다. 이는 ADHD 아동의 경우 일반 아동에 비하여 유아기 언어 발달이 지체되며(김화수, 유은희, 정은정, 2006; Szatmari, Offord, & Boyle, 1989) ADHD 아동 중 읽기장애(reading disorder)나 쓰기장애(disorder of written expression)와 같은 언어 관련 장애를 함께 진단받는 아동도 상당수에 달한다는 선행연구 결과(Barkley, 1997; Mayes & Calhoun, 2006)와 비슷한 맥락이다. 흥미로운 점은 다른 주요 예측변인들은 모두 부모가 평정한 측정치임에 반해 유아기 언어 및 문해 능력은 부모가 아닌 교사가 평정한 측정치가 높은 예측력을 갖는 것으로 보고되었다는 점이다. 이에 대해서는 교사의 경우 부모에 비해 학급이라는 구조화된 환경에서 또래의 발달 수준과 비교하여 아동의 언어 및 문해능력을 보다 엄격하게 평정할 수 있기 때문에 교사의 평정이 부모의 평정보다 학령기 ADHD 위험군에 대한 강한 예측요인으로 작용했을 가능성을 고려해볼 수 있으며, 더 나아가 향후 ADHD 위험군 여부를 예측하는 요인으로서 언어 및 문해 능력 부진은 가정보다 유아교육기관에서 더욱 발견되기 용이하다는 점을 시사한다. Bruce, Thernlund, 그리고 Nettelbladt(2006)는 부모나 교사가 ADHD 위험군 아동이 보이는 주의력 결핍과 과잉행동에만 관심을 두고 이러한 행동에만 개입을 실시하여 ADHD 위험군 아동의 언어발달 문

제를 눈여겨보지 못하는 경우가 많음을 지적한 바 있다. 하지만 ADHD 위험군 아동이 영아기에서부터 낮은 의사소통 능력을 위험 지표로 보이는 경우가 많으며 특히 유아기에 교육기관에서 관찰된 언어 및 문해 능력이 높은 예측력을 갖는 것으로 나타난 본 연구 결과를 참고하여 부모와 교사들은 영유아의 언어 능력에 관심을 가지고 이를 면밀히 관찰함으로써 ADHD 위험 가능성 영유아에 대한 변별과 개입의 기회를 높일 필요가 있을 것으로 보인다.

한편, 사회적 능력, 인지발달과 언어발달 등의 학습준비도가 이후 ADHD 위험 여부에 대한 주요 예측변인으로 나타난 유아기와 달리, 영아기에 측정된 변인들에서는 만 2세 시기 부모가 평정한 부정적 정서성이 ADHD 위험군 여부를 예측할 수 있는 주요 변인인 것으로 나타났는데, 이는 ADHD 위험군 아동의 경우 영아기부터 과도하게 울거나 보채고, 짜증, 분노, 좌절과 같은 부정적인 감정을 더 격렬하게 표현하는 등 정서조절이 어려운 기질적 특성을 보인다는 연구결과(DeSantis, Coster, Bigsby, & Lester, 2004; Steinberg & Drabick, 2015)와 맥을 같이한다. 또한 이는 영아기의 부정적 정서가 유아기에 주요하게 발달해야 하는 의도적 통제 능력과 집행 기능 발달에 부정적인 영향을 미쳐 스스로 자신의 행동을 조절하고 주의를 집중하는 것을 어렵게 하며(전란영, 김희화, 2015; Calkins & Degnan, 2006), 결과적으로 ADHD 증상에 영향을 줄 수 있다는 선행연구 결과(Rabinovitz, O'Neill, Rajendran, & Halperin, 2016)를 지지하는 것이다. 이와 같은 결과를 종합해보면, 영아기에 부정적 정서성 수준이 높게 나타나는 경우 이는 향후 ADHD의 가능성을 보여주는 주요한 위험 지표가 될 수 있으므로, 높은 부정적 정서성 기질을 보이는 영아의 발달을 면밀하게 관찰하고 이들이 유아기에 자신의 정서와 행동을 적절하게 조절하는 능력을 갖추도록 지원하는 것이 ADHD에 대한 예방적 개입에 있어 중요한 시작점이 될 수 있음을 시사한다. 또한 만 2세 시점의 대근육 운동 능력이 낮을수록 ADHD 위험군이 될 가능성이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 ADHD로 진단 받은 아동의 경우 일반 아동에 비하여 생후 3개월부터 18개월까지 대근육 발달 지체가 지속적으로 관찰되었다는 Gurevitz 등(2014)의 연구결과를 지지한다. 또한 유아의 운동능력과 실행기능은 밀접한 관련이 있으며(이윤아, 이완정, 2015) 운동능력의 저하는 주의력 결핍 또는 낮은 억제(inhibition) 능력의 결과로 ADHD를 야기할 수 있는 신경학적인 손상을 간접적으로 시사하는 지표가 될 수 있다는 선행연구 결과(Kaiser, Schoemaker, Albaret, & Geuze, 2015)를 기초로 영아기의 낮은 수준의 대근육 운동능력과 이후 ADHD 간의 관계를 해석 가능하다. 종합해보면, 영아기에 부정적 정서표현과 언어발달, 대근육 발달에 있어 일반 아동과 다른 수준의 발달양상을 보이는 경우 이는 ADHD 위험군을 예측하는 지표일 가능성이 있으므로 영아기 자녀를 둔 부모들은 자녀의 정서적인 표현, 언어발달, 대근육 발달 특성을 민감하게 관찰함으로써 부모와 임상가들이 ADHD의 조기변별에 기여할 수 있음을 시사한다.

지금까지 살펴본 바와 같이 영아기와 유아기에 측정된 변인들이 초등학교 1학년 시기의 ADHD 위험 여부에 대한 높은 예측력을 갖는 것으로 나타난 반면, 태내기에 측정된 변인들은 향후 ADHD 위험군에 속할 가능성에 대한 예측력이 상대적으로 약한 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 태내기 및 출산경험 요인으로 측정된 변인인 조산 여부와 임신 중 어머니의 항생제 복용 여부의 경우, 각각 전체 표본의 2.09%, 1.31%로 매우 적은 비율의 아동이 포함되었기 때문일 가능성을 고려할 수 있다. 또한 임신 중 어머니의 우울의 경우 태내기 경험에 포함되는 변인이기

는 하지만 아동의 출생 이후에 부모가 회고식으로 보고한 측정치이기에 실제 임신 중 어머니의 우울 수준을 정확하게 반영하지 못하여 예측력이 낮게 나타났을 가능성을 추론할 수 있다.

마지막으로 본 연구의 제한점과 추후 연구에 대한 제언을 서술하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 한국아동패널 자료에서 활용할 수 있는 CBCL 검사 결과에 근거하여 ADHD 위험군을 선별하였는데, DSM-5 진단기준에 따르면 가정과 학교 등 두 장면 이상에서 주의력결핍 및 충동성, 과잉행동의 증상이 보고되는 경우 ADHD 진단이 가능하므로(American Psychiatric Association, 2013), 추후 연구에서는 어머니가 보고한 CBCL 척도 뿐 아니라 교사가 보고한 C-TRF 등을 함께 고려한 종속변인을 구성하여 ADHD 위험군 여부를 예측하는 모형을 개발할 필요가 있다. 둘째 본 연구에서는 한국아동패널 자료에서 확보가 가능한 변인만을 이용하여 예측모형을 개발했기 때문에 선행연구에서 ADHD 위험군을 예측할 수 있는 것으로 알려진 다양한 태내기 환경요인과 신경생리학적 변인 등을 예측모형에 충분히 포함시키지 못하였다는 제한점을 갖는다. 따라서 추후 연구에서 임신 중 어머니의 음주 여부와 흡연 여부, 기타 신경생리학적 변인들을 포함하여 예측모형을 개발한다면 ADHD 위험군 아동을 사전에 선별함에 있어 보다 예측력을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 마지막으로, 본 연구에서는 ADHD 위험군 아동의 표본 수 부족과 척도의 제약으로 인해 ADHD의 하위 유형을 구분하지 않고 예측모형을 개발하였다. ADHD는 각각의 하위 유형별로 나타나는 주요 증상과 위험 지표에 차이가 있을 수 있다는 선행연구(안정광, 신민섭, 2010)의 제언을 고려하여, 추후 연구에서는 주의력결핍 우세형과 과잉행동 우세형, 그리고 혼합형으로 나뉘는 ADHD 하위 유형별 예측모형을 개발하고 어떠한 변인이 하위 유형별 예측력을 높이는지 검증한다면, ADHD 위험군 아동을 선별하고 개입함에 있어 보다 세부적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 보인다.

이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 지역사회 데이터와 머신러닝 분석 방법을 활용하여 다양한 발달 지표를 토대로 학령초기 ADHD 위험군 여부를 사전에 예측할 수 있는 모형을 개발함으로써 ADHD에 대한 조기선별과 개입 방안의 기틀을 마련하였다는 데에 중요한 의의가 있다. 또한 ADHD 위험군 예측에 기여하는 변인들의 상대적 중요도를 제시하고 다각적인 정보를 제시함으로써 ADHD 위험군 아동을 변별하고 개입함에 있어 어떤 부분을 고려해야 하는지 영유아의 부모와 교사, 그리고 임상 전문가들에게 구체적인 정보를 제공하였다는 점에서 유의한 임상적 의의를 갖는다.

참고문헌

- 김동원, 이정은, 정우철, 남기철, 방예원, 김세진 등 (2012). 시화반월 공단 인근 일부 초등학교 학생들의 주의력 결핍 과잉행동 장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder)의 유병률과 관련된 요인에 대한 단면연구. **대한직업환경의학회지**, 24(3), 252-262.
- 김봉년, 박은진, 최태영, 광영숙 (2018). **아동 청소년의 정신장애 유병률 및 위험요인 연구 - 초, 중, 고등학생 대상 학교 중심 연구**(과제번호 HMI16C1994). 서울: 보건복지부.
<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201800042948&dbt=TRKO>

- 에서 2021년 9월 29일 인출
- 김상아, 하은혜 (2016). ADHD 진단에서 K-CBCL 6-18의 임상적 유용성. **한국아동복지학**, **56**, 253-281.
- 김원미, 조윤경 (2015). 보육교사의 주의력결핍 과잉행동장애 유아 선별 행동 특성과 지원실태 및 요구. **미래유아교육학회지**, **22**(2), 119-139.
- 김화수, 유은희, 정은정 (2006). ADHD 아동의 연령 및 품사에 따른 낱말 정의하기 연구. **언어치료연구**, **15**(4), 165-185.
- 문영경, 장혜주 (2019). 학령 전이기 유아의 학교준비도 예측요인: 만 1세 영아기 애착안정성과 의도적 통제를 중심으로. **한국보육지원학회지**, **15**(3), 157-174. doi:10.14698/jkcece.2019.15.03.157
- 박수빈, 정해원, 김봉년, 조수철, 김재원, 신민섭 등 (2012). 구조적 면담으로 ADHD로 진단받은 아동의 주산기 요인 및 발달력상 위험인자. **소아청소년정신의학**, **23**(4), 181-187. doi:10.5765/jkacap.2012.23.4.181
- 안정광, 신민섭 (2010). ADHD 하위유형에 따른 실행기능 비교. **한국심리학회지: 일반**, **29**(4), 959-973.
- 양수진, 정성심, 홍성도 (2006). 주의력 결핍 과잉 행동 장애의 유병률과 관련 인자: 서울시 학교 정신보건 사업. **신경정신의학**, **45**(1), 69-76.
- 여진영, 최세진, 주연호, 김효원 (2015). 주의력결핍 과잉행동장애의 산전 및 주산기 위험인자. **소아청소년정신의학**, **26**(2), 112-119. doi:10.5765/jkacap.2015.26.2.112
- 이규남, 임종태, 북경수, 유재수 (2019). 머신러닝을 위한 불균형 데이터 처리 방법: 샘플링을 위주로. **한국콘텐츠학회논문지**, **19**(11), 567-577. doi:10.5392/JKCA.2019.19.11.567
- 이동형 (2009). 집행기능의 이해: 학교심리학적 적용을 위한 개관. **한국심리학회지: 학교**, **6**(2), 123-147. doi:10.16983/kjsp.2009.6.2.123
- 이서정, 신민섭, 김봉년, 윤현수, 신예주, 김영아 등 (2015). ADHD 아동청소년에 대한 한국판 CBCL6-18의 진단 변별력. **Korean Journal of Clinical Psychology**, **34**(4), 829-850. doi:10.15842/kjcp.2015.34.4.001
- 이수정 (2018). 유아 대상 ADHD 관련 중재연구의 국내 동향 분석. **학습자중심교과교육연구**, **18**(23), 715-734. doi:10.22251/jlcci.2018.18.23.715
- 이윤아, 이완정 (2015). 유아의 운동 능력과 실행 기능의 관계. **한국보육지원학회지**, **11**(5), 135-151. doi:10.14698/jkcece.2015.11.135
- 이형선, 이숙 (2012). 초등학교 1학년 아동의 ADHD 특성에 대한 어머니와 교사간 인식차 연구. **한국부모놀이치료학회지**, **3**, 45-62.
- 전란영, 김희화 (2015). 영아의 부정적 정서성, 어머니의 반응적 양육, 영아의 문제해결력의 종단적 관련성. **한국보육지원학회지**, **11**(5), 39-54. doi:10.14698/jkcece.2015.11.039
- 전숙영 (2018). 초등학교 1학년의 주의력결핍 과잉행동 문제가 학교적응에 미치는 영향에 대한 집행기능 곤란의 매개효과. **한국아동심리치료학회지**, **13**(3), 41-54. doi:10.16983/kjsp.2009.6.2.123

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition*. Washington, DC: American Psychiatric Association. doi:10.1176/appi.books.9780890425596
- Athanasiadou, A., Buitelaar, J. K., Brovedani, P., Chorna, O., Fulceri, F., Guzzetta, A., et al. (2020). Early motor signs of attention-deficit hyperactivity disorder: A systematic review. *European Child & Adolescent Psychiatry, 29*(7), 903-916. doi:10.1007/s00787-019-01298-5
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin, 121*(1), 65-94. doi:10.1037/0033-2909.121.1.65
- Barkley, R. A., Murphy, K. R., & Fischer, M. (2008). *ADHD in adults: What the science says*. New York: Guilford Press.
- Berger, I. (2013). Early signs of ADHD in the preschooler. *International Journal of Child Health and Human Development, 6*(4), 399.
- Bischof, H. J. (2007). Behavioral and neuronal aspects of developmental sensitive periods. *Neuroreport, 18*(5), 461-465. doi:10.1097/WNR.0b013e328014204e
- Braun, M., Hummel, P., Beck, S., & Dabrock, P. (2020). Primer on an ethics of AI-based decision support systems in the clinic. *Journal of Medical Ethics, 1-8*. doi:10.1136/medethics-2019-105860
- Bruce, B., Thernlund, G., & Nettelbladt, U. (2006). ADHD and language impairment. *European Child & Adolescent Psychiatry, 15*(1), 52-60. doi:10.1007/s00787-006-0508-9
- Bundgaard, A. F., Asmussen, J., Pedersen, N. S., & Bilenberg, N. (2018). Disturbed sleep and activity in toddlers with early signs of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of Sleep Research, 27*(5), e12686. doi:10.1111/jsr.12686
- Calkins, S. D., & Degnan, K. A. (2006). Temperament in early development. In R. T. Ammerman (Ed.), *Comprehensive Handbook of Personality and Psychopathology Vol. 3* (pp. 64-84). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Cohen, N. J., Vallance, D. D., Barwick, M., Im, N., Menna, R., Horodezky, N. B., et al. (2000). The interface between ADHD and language impairment: An examination of language, achievement, and cognitive processing. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 41*(3), 353-362. doi:10.1111/1469-7610.00619
- Colomer, C., Berenguer, C., Roselló, B., Baixauli, I., & Miranda, A. (2017). The impact of inattention, hyperactivity/impulsivity symptoms, and executive functions on learning behaviors of children with ADHD. *Frontiers in Psychology, 8*, 1-10. doi:10.3389/fpsyg.2017.00540
- Curchack-Lichtin, J. T., Chacko, A., & Halperin, J. M. (2014). Changes in ADHD symptom endorsement: Preschool to school age. *Journal of Abnormal Child Psychology, 42*(6), 993-1004. doi:10.1007/s10802-013-9834-9
- DeSantis, A., Coster, W., Bigsby, R., & Lester, B. (2004). Colic and fussing in infancy, and sensory processing at 3 to 8 years of age. *Infant Mental Health Journal, 25*(6), 522-539. doi:10.1002/imhj.20025

- Eisenberg, N., Fabes, R. A., Murphy, B., Maszk, P., Smith, M., & Karbon, M. (1995). The role of emotionality and regulation in children's social functioning: A longitudinal study. *Child Development, 66*(5), 1360-1384. doi:10.1111/j.1467-8624.1995.tb00940.x
- El Sady, S. R., Nabeih, A. A. S., Mostafa, E. M. A., & Sadek, A. A. (2013). Language impairment in attention deficit hyperactivity disorder in preschool children. *The Egyptian Journal of Medical Human Genetics, 14*(4), 383-389. doi:10.1016/j.ejmhg.2013.05.001
- Ge, F., Li, Y., Yuan, M., Zhang, J., & Zhang, W. (2020). Identifying predictors of probable posttraumatic stress disorder in children and adolescents with earthquake exposure: A longitudinal study using a machine learning approach. *Journal of Affective Disorders, 264*, 483-493. doi:10.1016/j.jad.2019.11.079
- Gerry Taylor, H., Orchinik, L., Fristad, M. A., Minich, N., Klein, N., Espy, K. A., et al. (2019). Associations of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) at school entry with early academic progress in children born prematurely and full-term controls. *Learning and Individual Differences, 69*, 1-10. doi:10.1016/j.lindif.2018.10.008
- Greiner, M., Pfeiffer, D., & Smith, R. D. (2000). Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. *Preventive Veterinary Medicine, 45*, 23-41. doi:10.1016/S0167-5877(00)00115-X
- Guevremont, D. C., & Dumas, M. C. (1994). Peer relationship problems and disruptive behavior disorders. *Journal of Emotional and Behavioral Disorders, 2*(3), 164-172. doi:10.1177/106342669400200304
- Gurevitz, M., Geva, R., Varon, M., & Leitner, Y. (2014). Early markers in infants and toddlers for development of ADHD. *Journal of Attention Disorders, 18*(1), 14-22. doi:10.1177/1087054712447858
- Hoza, B., Waschbusch, D. A., Owens, J. S., Pelham, W. E., & Kipp, H. (2001). Academic task persistence of normally achieving ADHD and control boys: Self-evaluations, and attributions. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 69*(2), 271-283. doi:10.1037/0022-006X.69.2.271
- Humphries, T., Koltun, H., Malone, M., & Roberts, W. (1994). Teacher-identified oral language difficulties among boys with attentional problems. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 15*(2), 92-98. doi:10.1097/00004703-199404000-00005
- Kaiser, M. L., Schoemaker, M. M., Albaret, J. M., & Geuze, R. H. (2015). What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder? Systematic review of the literature. *Research in Developmental Disabilities, 36*, 338-357. doi:10.1016/j.ridd.2014.09.023
- Lacalle, M., Ezpeleta, L., & Doménech, J. M. (2012). DSM-oriented scales of the Child Behavior Checklist and Youth Self-Report in clinically referred Spanish children. *The Spanish Journal of Psychology, 15*(1), 377-387. doi:10.5209/rev_SJOP.2012.v15.n1.37344
- Latimer, K., Wilson, P., Kemp, J., Thompson, L., Sim, F., Gillberg, C., et al (2012). Disruptive behaviour disorders: a systematic review of environmental antenatal and early years risk factors.

- Child: Care, Health and Development*, 38(5), 611-628. doi:10.1111/j.1365-2214.2012.01366.x
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2006). Frequency of reading, math, and writing disabilities in children with clinical disorders. *Learning and Individual Differences*, 16(2), 145-157. doi:10.1016/j.lindif.2005.07.004
- Na, K. S. (2019). Prediction of future cognitive impairment among the community elderly: A machine-learning based approach. *Scientific Reports*, 9(1), 1-9. doi:10.1038/s41598-019-39478-7
- Nakamura, B. J., Ebesutani, C., Bernstein, A., & Chorpita, B. F. (2009). A psychometric analysis of the child behavior checklist DSM-oriented scales. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 31(3), 178-189. doi:10.1007/s10862-008-9119-8
- Nyarko, K. A., Grosse, S. D., Danielson, M. L., Holbrook, J. R., Visser, S. N., & Shapira, S. K. (2017). Treated prevalence of attention-deficit/hyperactivity disorder increased from 2009 to 2015 among school-aged children and adolescents in the United States. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 27(8), 731-734. doi:10.1089/cap.2016.0196
- O'Neill, S., Schneiderman, R. L., Rajendran, K., Marks, D. J., & Halperin, J. M. (2014). Reliable ratings or reading tea leaves: Can parent, teacher, and clinician behavioral ratings of preschoolers predict ADHD at age six? *Journal of Abnormal Child Psychology*, 42(4), 623-634. doi:10.1007/s10802-013-9802-4
- Rabinovitz, B. B., O'Neill, S., Rajendran, K., & Halperin, J. M. (2016). Temperament, executive control, and attention-deficit/hyperactivity disorder across early development. *Journal of Abnormal Psychology*, 125(2), 196-206. doi:10.1037/abn0000093
- Ramos, R., Freire, C., Julvez, J., Fernández, M. F., García-Esteban, R., Torrent, M., et al. (2013). Association of ADHD symptoms and social competence with cognitive status in preschoolers. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 22(3), 153-164. doi:10.1007/s00787-012-0334-1
- Rantanen, K., Eriksson, K., & Nieminen, P. (2012). Social competence in children with epilepsy—a review. *Epilepsy & Behavior*, 24(3), 295-303. doi:10.1016/j.yebeh.2012.04.117
- Riddle, M. A., Yershova, K., Lazzaretto, D., Paykina, N., Yenokyan, G., Greenhill, L., et al. (2013). The preschool attention-deficit/hyperactivity disorder treatment study (PATS) 6-year follow-up. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 52(3), 264-278. doi:10.1016/j.jaac.2012.12.007
- Ros, R., & Graziano, P. A. (2018). Social functioning in children with or at risk for attention deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 47(2), 213-235. doi:10.1080/15374416.2016.1266644
- Rushton, S., Giallo, R., & Efron, D. (2019). ADHD and emotional engagement with school in the primary years: Investigating the role of student-teacher relationships. *British Journal of Educational Psychology*, 90(1), 193-209. doi:10.1111/bjep.12316
- Sonuga-Barke, E. J., Koerting, J., Smith, E., McCann, D. C., & Thompson, M. (2011). Early detection

- and intervention for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 11(4), 557-563. doi.org:10.1586/ern.11.39
- Steinberg, E. A., & Drabick, D. A. (2015). A developmental psychopathology perspective on ADHD and comorbid conditions: The role of emotion regulation. *Child Psychiatry & Human Development*, 46(6), 951-966. doi:10.1007/s10578-015-0534-2
- Szatmari, P., Offord, D. R., & Boyle, M. H. (1989). Ontario Child Health Study: Prevalence of attention deficit disorder with hyperactivity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30(2), 219-223. doi:10.1111/j.1469-7610.1989.tb00236.x
- Thomas, L. B., Shapiro, E. S., DuPaul, G. J., Lutz, J. G., & Kern, L. (2011). Predictors of social skills for preschool children at risk for ADHD: The relationship between direct and indirect measurements. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 29(2), 114-124. doi:10.1177/0734282910378478
- Turcotte Benedict, F., Vivier, P. M., & Gjelsvik, A. (2015). Mental health and bullying in the United States among children aged 6 to 17 years. *Journal of Interpersonal Violence*, 30(5), 782-795. doi:10.1177/0886260514536279
- Whalen, C. K., Henker, B., Castro, J., & Granger, D. (1987). Peer perceptions of hyperactivity and medication effects. *Child Development*, 58(3), 816-828. doi:10.2307/1130219
- Williams, D., Stott, C. M., Goodyer, I. M., Sahakian, B. J. (2000). Specific language impairment with or without hyperactivity: Neuropsychological evidence for frontostriatal dysfunction. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(6), 368-375. doi:10.1017/S0012162200000682

논문투고: 21.08.13

수정원고접수: 21.09.10

최종게재결정: 21.10.05