

영유아 사교육에 관한 인지과학적 분석

유재광 한국인지과학회 회장(동국대학교 체육교육과 부교수)

본고는 한국 영유아 사교육이 인지발달에 미치는 영향을 발달 인지과학(Developmental Cognitive Science) 및 계산 인지과학(Computational Cognitive Science)의 관점에서 분석한다. 영유아 사교육에 관한 기존 담론은 조기교육의 효과를 결과론적 통계나 가치판단 차원에서 다루어 왔으나, 본 연구는 이를 인지 기제 수준에서 재조명한다. 이를 위해 (1) 통계적 학습(statistical learning), (2) 베이지안 사전 분포(Bayesian prior), (3) 탐색-활용 균형(exploration-exploitation trade-off), (4) 핵심 시스템과 부트스트래핑이라는 네 가지 이론적 관점으로 접근하였다. 영어·수학에 대한 조기 노출 자체는 통계적 학습의 입력 자원을 풍부하게 하는 긍정적 측면을 갖지만, 입시-평가 형식의 구조적 종속성으로 인해 노출 분포를 비정상적으로 좁히고 탐색의 비중을 현저히 위축시키는 방향으로 작동함을 논증하였다. 결론적으로 영유아 사교육의 인지적 영향은 노출의 양이 아니라 입력 분포의 형태와 탐색-활용 비율의 왜곡을 매개로 발생하며, 이는 조기교육 설계에서 '얼마나 일찍 얼마나 많이 가르치는가'보다 '어떤 분포로 노출시키며 탐색의 여백을 어떻게 보존하는가'가 핵심 설계 변수가 되어야 함을 함축한다.

1 한상에서 메커니즘으로: 인지 기제 수준의 재구성

영유아 사교육에 관한 한국 사회의 논쟁은 크게 두 진영으로 나뉜다. 한쪽은 조기 노출이 누적되어 후속 학습의 토대가 되길 기대하고, 다른 쪽은 발달 단계를 무시한 학습이 아이의 성장을 방해한다고 경고한다. 그러나 두 입장 모두 조기교육이 작동하는 기제(mechanism)를 충분히 분석하지 않은 채 결론으로 향하는 경향이 있다. 한국 학생의 PISA 상위권 성적과 학습 흥미도 하위권의 동시 발생과 같은 조기교육의 영향을 보여주는 통계 결과는 자주 인용되지만, 그 통계가 왜 그렇게 나타나는지에 대한 인지 메커니즘 수준의 설명은 찾아보기 어렵다.

본 연구는 발달 인지과학과 계산 인지과학의 관

점에서 이 문제를 재조명한다. 구체적으로 (1) 통계적 학습, (2) 베이지안 사전 분포의 평탄성, (3) 탐색-활용 균형, (4) 핵심 시스템과 개념 부트스트래핑이라는 네 가지 이론적 도구를 도입한다. 이 도구들은 각각 독립적으로는 잘 알려져 있으나, 영유아 사교육 문제를 통합적으로 분석한 연구는 충분히 축적되지 않았다. 본 연구는 이 도구들을 활용하여, 한국 사교육 현황을 가치판단이나 결과론적 통계에 의존하지 않고 인지 메커니즘 수준에서 분석할 수 있음을 보인다.

본 고의 핵심 주장은 다음 세 명제로 압축된다. 첫째, 영유아의 영어·수학에 대한 조기 노출 자체는 인지적 자원이 될 수 있으며, 이는 통계적 학습이라는 일반 학습 메커니즘에 풍부한 자극 분포를 제공함으로써 후속 학습의 토대를 확장한다. 둘째, 그러나 노출의 분포가 좁고 반복적이며, 평가 형식에 종속되

고 동시에 명시적 교수와 정답 강화의 비중이 압도적으로 클 경우, 학습은 좁은 분포에 과적합(overfitting)되며 탐색의 비중이 현저히 위축된다. 셋째, 한국의 영유아 사교육은 입시-평가 형식의 구조적 종속성으로 인해 명시적·직접 교수법과 정답 강화 중심의 학습 환경을 사실상 강제한다. 그 결과는 단지 영어·수학 학습 효율의 문제에 그치지 않고 학습자의 탐색 역량 자체를 박탈하는 결과를 낳는다.

본고는 이 세 주장을 차례로 논증한다. 2절에서 이론적 토대를 정리하고, 3절은 발달 단계별 인지 자원의 특성을 고찰하며, 4절은 한국 사교육의 구조적 왜곡을 분석한다. 5절은 조기교육의 인지적 비용을 제시하고, 6절에서 발달단계 적합 사교육의 일곱 가지 원리를 도출한다. 7절은 결론과 향후 연구 과제를 제시한다.

2 이론적 토대

가. 통계적 학습과 노출 분포의 폭

인간의 학습, 특히 언어와 같이 복잡하고 비결정적인 영역의 학습은 상당 부분 통계적 학습의 형태를 띤다. Saffran, Aslin, & Newport(1996)는 8개월 영아가 단순한 수동적 노출만으로 음절 전이 확률을 추적하여 단어 경계를 추출할 수 있음을 입증했다¹⁾. 이후 일련의 연구들은 통계적 학습이 음소 분류, 통사 규칙, 시각 패턴 등 다양한 영역에 걸쳐 작동하는 일반 학습 메커니즘임을 확인해 왔다²⁾.

이 관점에서 영어·수학 조기 노출은 단순히 “일찍 시작하면 더 잘한다”는 시간적 우위의 문제가 아

니라, 자극 분포에 대한 노출의 폭과 다양성을 확보하는 작업으로 재정의된다. 같은 시간을 투입하더라도 노출의 질적 분포가 다르면 학습 결과는 본질적으로 달라진다. 즉, 핵심 변수는 노출의 양만이 아니라 분포의 폭(breadth of distribution)이다. Kuhl 등(2008)은 영아의 음운 학습이 통계적 분포의 폭에 결정적으로 의존함을 보였으며³⁾, 이는 시각적·구문적 통계 학습 영역에서도 일관되게 관찰된다²⁾. 분포의 폭이 좁고 제한적이며 획일적인 자극이 주어지는 경우, 학습자는 해당 특정 형태를 빠르고 정확하게 처리할 수 있으나 표면적 특성에 과적합(overfitting)되어 낯선 화자나 새로운 환경의 자극을 인식하는 일반화 능력이 떨어진다. 반면, 노출 분포의 폭이 넓어 다양한 변이형을 포함하는 가변적 자극이 주어지는 경우 표면적 복잡성으로 인해 초기 인지 부하는 증가하지만, 학습자는 다채로운 자극들 사이에서 불변하는 핵심적인 통계적 규칙성을 추론하게 되므로 훨씬 견고하고 유연한 인지적 범주(robust category)를 구축하게 된다. 따라서 ‘노출 분포의 폭’은 개별 학습자가 마주하는 정보 환경의 구조적 특성과 그것이 유발하는 학습의 특성을 규명하기 위한 핵심적 도구가 된다.

나. 베이지안 사전 분포와 시뮬레이티드 어닐링

베이지안 뇌 가설(Bayesian Brain Hypothesis) 관점에서 학습자는 가설 공간 위에 사전 분포를 두고, 데이터에 따라 이를 사후 분포로 갱신한다⁴⁾. 어린 학습자의 사전 분포는 상대적으로 평탄하며, 가설 공간이 넓고 각 가설에 부여된 사전 확률이 비교적 균등하다. 성장하면서 누적된 경험에 따라 사전

- 1) Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926–1928.
- 2) Romberg, A. R., & Saffran, J. R. (2010). Statistical learning and language acquisition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(6), 906–914.
- 3) Kuhl, P. K., Conboy, B. T., Coffey-Corina, S., Padden, D., Rivera-Gaxiola, M., & Nelson, T. (2008). Phonetic learning as a pathway to language: New data and native language magnet theory expanded (NLM-e). *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1493), 979–1000.

분포는 점차 뾰족해진다. Lucas, Bridgers, Griffiths, & Gopnik(2014)은 동일한 인과 학습 과제에서 4세 아동이 성인보다 비전형적 인과 구조를 더 유연하게 학습함을 실험적으로 입증했고⁵⁾, Gopnik 등(2017)의 후속 연구는 이러한 사전 분포의 협소화가 아동기부터 청소년기, 성인기까지 점진적으로 진행됨을 보였다⁶⁾.

Gopnik(2020)은 이 발달적 변화를 통계물리학의 시뮬레이티드 어닐링(simulated annealing)에 비유한다. 유년기는 “온도가 높은” 상태로, 시스템이 광범위한 상태 공간을 탐색할 수 있다. 성장하면서 “온도가 낮아지면” 시스템은 특정 영역에 안정화된다⁷⁾. 이 주장의 중요한 함의는 사전 분포의 평탄성 자체가 한정된 인지 자원이라는 점이다. 너무 일찍 정형화된 풀이법을 주입하면 사전 분포가 조기에 뾰족해져 후속 가설 탐색 능력이 손상된다^{5),6)}. 이 손실은 단순한 지식 부족이 아니라 학습 능력의 구조적 변형으로 이후 학습에 영향을 미치는 요인이 된다⁷⁾.

다. 탐색-활용 균형과 명시적 교수의 양면 효과

학습 주체는 새로운 가설의 검증을 시도하는 탐색(exploration)과 이미 효과가 입증된 방법을 반복하는 활용(exploitation) 사이에서 자원을 배분해야 한다. 일련의 발달심리학 연구들은 어린이가 성인보

다 탐색 비중이 훨씬 높으며, 이러한 탐색기는 미숙함의 결과가 아니라 환경을 폭넓게 모델링하기 위한 발달적 전략임을 보여준다⁷⁾.

Bonawitz et al.(2011)의 “교수법의 양면 효과(double-edged sword of pedagogy)” 연구는 이를 정교하게 입증한다. 어른이 한 가지 사용법을 직접 시연한 장난감을 받은 아이들은 처음 배운 사용법만 반복하고 새 기능을 거의 발견하지 못했다. 반면 시연 없이 같은 장난감을 받은 아이들은 더 많은 숨겨진 기능을 탐색해냈다. 이 연구가 보여주는 핵심 함의는, 명시적 교수가 학습의 효율을 높이는 동시에 학습자의 사전 분포를 좁혀 탐색의 폭을 축소한다는 점이다. 교수 행위는 “이 정보가 학습자에게 충분하다”는 메타-신호로 작동하며, 학습자는 이 신호를 받은 순간 자발적 탐색의 베이지안 비용-편익 계산에서 탐색을 평가절하한다⁸⁾.

라. 핵심 시스템과 부트스트래핑

영유아의 인지는 백지가 아니다. Spelke & Kinzler(2007)의 핵심 지식(core knowledge) 이론에 따르면 영아는 객체, 행위자, 수, 공간이라는 적어도 네 개의 도메인 특수적 핵심 시스템을 가지고 태어난다⁹⁾. 이 가운데 수학적 인지의 토대로는 큰 수의 근사적 표상을 담당하는 근사수 체계(approximate

- 4) Tenenbaum, J. B., Kemp, C., Griffiths, T. L., & Goodman, N. D. (2011). How to grow a mind: Statistics, structure, and abstraction. *Science*, 331(6022), 1279–1285.
- 5) Lucas, C. G., Bridgers, S., Griffiths, T. L., & Gopnik, A. (2014). When children are better (or at least more open-minded) learners than adults: Developmental differences in learning the forms of causal relationships. *Cognition*, 131(2), 284–299.
- 6) Gopnik, A., O'Grady, S., Lucas, C. G., Griffiths, T. L., Wente, A., Bridgers, S., Aboody, R., Fung, H., & Dahl, R. E. (2017). Changes in cognitive flexibility and hypothesis search across human life history from childhood to adolescence to adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), 7892–7899.
- 7) Gopnik, A. (2020). Childhood as a solution to explore-exploit tensions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1803), 20190502.
- 8) Bonawitz, E., Shafto, P., Gweon, H., Goodman, N. D., Spelke, E., & Schulz, L. (2011). The double-edged sword of pedagogy: Instruction limits spontaneous exploration and discovery. *Cognition*, 120(3), 322–330.

number system, ANS)^{10,11)}, 개체에 대한 표상을 다루는 대상 추적 시스템(object-tracking system)¹²⁾, 그리고 공간·기하 핵심 시스템¹²⁾이 작동한다.

한편 언어 인지의 발달적 토대에 관해서는 Spelke의 핵심 지식 이론과는 별개의 연구 전통에서 영아기 음소 변별 능력^{13,14)}, 분포 정보를 활용한 통계 학습¹⁾, 의도와 공동 주의에 기반한 사회 화용적 추론¹⁵⁾이 제안되어 왔다. 이 가운데 사회 화용적 추론은 앞서 설명한 행위자 핵심 시스템과 경험적 토대를 일부 공유하지만, 음소 변별과 통계 학습은 각각 언어 특수적 학습 메커니즘과 영역 일반적 학습 메커니즘으로서 핵심 지식과는 상이한 층위에 위치한다.

그러나 핵심 지식과 이러한 학습 메커니즘만으로는 인간 인지의 가장 두드러진 특성인 자연수 체계, 문자, 형식 문법과 같은 문화적 기호 체계의 획득을 설명할 수 없다. 이 간극을 메우는 것이 Carey(2009)의 개념 부트스트래핑(conceptual bootstrapping) 이론이다¹⁶⁾. Carey는 핵심 시스템들이 제공하는 표상이 어떻게 정수, 알파벳, 형식 문법 등의 문화적 기호 체계와 결합하여 질적으로 새로운 개념 구조를 산출하는지를 설명하며, 이 부트스트래핑이 본질적으로 시간을 요하는 인지적 사건임을 강조한다.

자연수 개념의 획득은 부트스트래핑의 대표적 사례다. 기수 원리(cardinality principle)의 진정한

이해는 후행자 함수(successor function)에 대한 메타적 파악이 요구되며, 평균 18-24개월이 소요된다. 어린이는 처음에는 “1, 2, 3, 4”라는 수 단어 목록을 노래처럼 암송할 수 있지만, “셋”이라는 단어가 정확히 세 개의 사물 집합을 가리킨다는 사실을 이해하기까지는 수개월에서 1년 이상이 걸린다. 그리고 그 이후에야 비로소 “n 다음 수는 항상 n+1”이라는 후행자 함수의 일반화에 도달한다¹⁶⁾. 이 단계적 통합은 핵심 지식 시스템의 객체 추적, ANS, 그리고 수 단어라는 문화적 기호가 서서히 정렬되는 과정이며, 외부에서 가속할 수 없는 인지적 사건이다.

이 점에서 단기간에 압축적으로 진행되는 수학 선행학습은 부트스트래핑의 시간을 단축시키는 것이 아니라, 부트스트래핑 자체를 우회한 절차적 학습으로 환원시킨다. 결과적으로 학습자는 알고리즘을 수행하지만 원리를 이해하지는 못하는 상태에 머문다.

마. 추상화의 체화된 토대와 사회적 매개

앞 절에서 다룬 통계적 학습, 사전 분포, 탐색-활용 균형, 부트스트래핑은 모두 학습자 내부의 정보 처리 메커니즘을 다룬다. 그러나 이 메커니즘들은 학습자의 신체와 사회적 관계 안에서 구현된다. 체화와 사회적 매개는 앞의 네 메커니즘이 작동하는

- 9) Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, 10(1), 89-96.
- 10) Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.
- 11) Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307-314.
- 12) Feigenson, L., & Carey, S. (2003). Tracking individuals via object-files: Evidence from infants' manual search. *Developmental Science*, 6(5), 568-584.
- 13) Werker, J. F., & Tees, R. C. (1984). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development*, 7(1), 49-63.
- 14) Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: Cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(11), 831-843.
- 15) Tomasello, M. (2003). *Constructing a language: A usage-based theory of language acquisition*. Harvard University Press.
- 16) Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. Oxford University Press.

물리적·관계적 토대를 제공한다.

추상화는 구체적 경험에서 공통 구조를 추출하여 새로운 맥락으로 전이시키는 인지 작업으로, 수학·언어·과학적 추론을 비롯한 거의 모든 고차 학습의 토대이자 영유아 교육이 궁극적으로 길러내고자 하는 핵심 능력이다. 그러나 이러한 추상화는 단계적 발달의 종착점이라기보다, 핵심 시스템 및 기초 시스템과 병행 작동하는 메커니즘이며, 신체 기반 시뮬레이션을 토대로 발달한다^{17),18)}. 이 관점에서 추상적 개념은 감각운동 시스템의 부분적 재활성화를 통해 구성되며^{19),20)}, “수학적 직관”은 형이상학적 능력이 아니라 체화된 경험에서 자라난 신경계의 시뮬레이션 능력이다²¹⁾. 언어 또한 단순한 어휘·문법의 집합이 아니라 운율, 제스처, 시선과 같은 신체화된 활동의 총체이다^{22),23)}. 체화된 인지적 활동은 다중 단서의 통합과 탐색을 이끌어내며 이는 활발한 부트스트래핑으로 이어진다.

추상화를 비롯한 다양한 학습은 또한 사회적으로 매개된다. Vygotsky(1978)의 근접발달영역(zone of proximal development)은 사회적 관계가 학습을 어떻게 지원할 수 있는지 보여준다²⁴⁾. 근접발달영역은 아동이 혼자서는 해결하지 못하지만 더 능숙한 타인(부모, 교사, 또래)의 도움이 있으면 해결

할 수 있는 과제의 영역을 말한다. 학습은 바로 이 영역에서 가장 활발히 일어난다. 언어 학습은 사회적으로 매개되는 학습의 또 다른 예시이다. 말을 한다는 것은 곧 틀릴 가능성, 평가받을 가능성, 또래 앞에서 망신당할 가능성을 동시에 떠안는 사회적 위험을 감수하는 행위(social risk-taking)이기 때문이다²⁵⁾. 그러므로 또래·교사·평가 환경은 학습을 둘러싼 외부 배경이 아니라, 학습 자체를 좌우하는 핵심 변수가 된다. 이 점은 앞서 다룬 탐색-활용 균형과 직접 연결된다. 실패가 곧 사회적 처벌로 이어지는 환경에서 학습자는 이미 아는 안전한 답만 반복하는 활용으로 굳어지고, 새로운 것을 시도하는 탐색은 점점 줄어든다^{7),26)}. 더 나아가 “오답은 곧 실패”라는 잘못된 사전 가정이 학습자 내부에 자리 잡으면, 새로운 영역에 처음 들어설 때 시도해 볼 가설의 폭 자체가 좁아지며 부트스트래핑을 통한 시행착오의 누적 또한 이루어지지 않는다.

3 발달 단계별 인지 자원의 특성

본 장은 학령 전기부터 성인기까지 수학과 영어 학습에 관련된 인지 자원의 특성에 관한 선행연구를 고찰한다. <표 1>은 각 발달 단계에서 수학·영어 영

- 17) Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617–645.
- 18) Lakoff, G., & Núñez, R. E. (2000). *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being*. Basic Books.
- 19) Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(3), 558–565.
- 20) Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(7), 576–582.
- 21) Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to Western thought*. Basic Books.
- 22) Goldin-Meadow, S. (2003). *Hearing gesture: How our hands help us think*. Belknap Press of Harvard University Press.
- 23) Tomasello, M. (2008). *Origins of human communication*. MIT Press.
- 24) Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- 25) Horwitz, E. K., Horwitz, M. B., & Cope, J. (1986). Foreign language classroom anxiety. *The Modern Language Journal*, 70(2), 125–132.

〈표 1〉 발달단계별 인지 자원 특성

발달단계	수학적 인지 자원	언어적 인지 자원	공동 특성
영유아 및 학령 전기 (0-7세)	〈핵심 시스템 가동기〉 • ANS, 대상 추적 시스템^(9),11) • 공간·기하 핵심 시스템⁽⁹⁾ • 4-7세 수 단어 부트스트래핑⁽¹⁶⁾	〈음운 가소성 정점기〉 • 음소 변별 시스템 작동⁽¹³⁾ • 통계 학습 시스템⁽¹⁾ • 사회 화용 추론⁽¹⁵⁾	〈가설 공간 최대 개방기〉 • 사전 분포 최대 평탄⁽⁵⁾ • 가설 공간 최대⁽⁶⁾ • 호기심 기반 탐색 정점⁽⁶⁾
초등기 (8-12세)	〈기호 시스템 정착기〉 • 핵심 시스템과 정수 기호의 점진적 통합⁽¹⁶⁾ • 사칙연산 정착⁽¹⁰⁾ • 절차적 자동화 진입⁽¹⁶⁾	〈명시 학습 전환기〉 • 음운 가소성 협소화 시작⁽³⁾ • 명시 학습 시스템 등장⁽³⁾ • 메타언어 인식 출현⁽¹⁾	〈부트스트래핑 진행기〉 • 기호 시스템 정착⁽¹⁶⁾ • 사전 분포 점진적 첨예화^(5),6) • 핵심 시스템-문화 시스템 결합^(9),16)
중·고등기 (12-19세)	〈영역 특수적 분기기〉 • 가설 공간 협소화 시작⁽⁶⁾ • 추상적 수리 추론 발달⁽⁶⁾ • 영역 의존성 강화⁽⁶⁾	〈차원별 비동기 발달기〉 • 음운 가소성 결정⁽²⁷⁾ • 어휘·통사·화용·담화는 평생 발달 가능⁽³⁵⁾ • 음운 외 차원의 효율성은 오히려 증가⁽³⁵⁾	〈사회적 시스템 재유동화〉 • 도래 매개 학습 결정성⁽²⁸⁾ • 학습자 정체성 형성⁽²⁹⁾ • 교사 신뢰 관계의 인지적 효과^(28),29)
대학·성인 기 (19세 이상)	〈자원 제약 추론자〉 • 효율적 자원 제약 추론⁽³⁰⁾ • 사전 분포 첨예화^(5),6) • 영역 전문성 심화⁽⁶⁾	〈음운 가소성 종결·고차원 가소〉 • 음운 가소성 종결⁽²⁷⁾ • 어휘·화용·담화는 성인이 더 빠를 수 있음⁽³⁵⁾ • 메타인지적 학습 전략 활용⁽³⁰⁾	〈활용 편향 강화기〉 • 활용(exploitation) 편향 강화⁽⁶⁾ • 새 패러다임 수용 어려움⁽⁶⁾ • 탐색-활용 균형 활용 쪽으로 이동⁽⁶⁾

역의 인지 자원이 어떤 특성을 가지는지 정리한 것이다.

가. 영유아 및 학령 전기(0-7세): 핵심 시스템 기반 발달

이 시기는 한국의 정규 교육과정에 진입하기 이

전이지만, 인지 발달의 관점에서는 이후 모든 학습 단계의 토대가 형성되는 결정적 구간이다. 수학 영역에서는 근사 수 체계(ANS), 대상 추적 시스템, 공간·기하 핵심 시스템, 베이지안 인과 추론이 작동하며, 4-7세에 이르면 그 위에 언어가 결합되면서 수 단어와 기수 원리의 부트스트래핑이 이루어진다⁽¹⁶⁾. 언어 영역에서는 음소 변별 시스템, 통계 학습 시스

- 26) Crone, E. A., & Dahl, R. E. (2012). Understanding adolescence as a period of social-affective engagement and goal flexibility. *Nature Reviews Neuroscience*, 13(9), 636-650.
- 27) Johnson, J. S., & Newport, E. L. (1989). Critical period effects in second language learning: The influence of maturational state on the acquisition of English as a second language. *Cognitive Psychology*, 21(1), 60-99.
- 28) Blakemore, S.-J., & Mills, K. L. (2014). Is adolescence a sensitive period for sociocultural processing?. *Annual Review of Psychology*, 65(1), 187-207.
- 29) Kilford, E. J., Garrett, E., & Blakemore, S. J. (2016). The development of social cognition in adolescence: An integrated perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 70, 106-120.
- 30) Lieder, F., & Griffiths, T. L. (2020). Resource-rational analysis: Understanding human cognition as the optimal use of limited computational resources. *Behavioral and Brain Sciences*, 43, e1.

템, 사회 화용 추론이 동시에 작동하며, 이 시기는 그 자체로 환원 불가능한 학습의 정점을 이룬다. 베이지안 관점에서 보면 사전 분포가 가장 평탄하고 가설 공간이 가장 넓으며, 호기심에 기반한 탐색이 정점에 이르는 시기이기도 하다^{5),6)}. 이 시기의 학습 환경은 명시적 또는 직접 교수법을 조기에 도입하는 방식이 아니라, 자연주의적 노출과 사회적 상호작용을 통해 핵심 시스템을 활용하는 데 중점을 두어야 한다. 이러한 결론은 이론적 예측과 실증 자료가 수렴하는 지점에서 도출된다. 핵심 시스템은 자연주의적 입력과 사회적 상호작용 속에서 작동하도록 설계되어 있으므로, 만약 형식적 학습 자극의 조기 도입이 발달적으로 우월한 경로라면 이를 집중적으로 경험한 집단의 인지 발달 지표가 유의하게 향상되어야 한다. 그러나 김은영 등(2024)의 연구는 영유아기의 학습 사교육 경험이 언어능력·문제해결력·집행기능 등 주요 인지 발달 지표와 통계적으로 유의한 관련을 보이지 않으며, 오히려 정서와 자존감 측면에서는 일부 부정적 효과가 관찰된다고 보고하였다³¹⁾. 이는 형식 교수의 조기 도입이 핵심 시스템 작동을 촉진하지 않을 뿐 아니라 정서·동기 차원의 비용을 수반할 수 있음을 시사하며, 이론적 예측과 정합적인 결과로 해석할 수 있다.

나. 초등기(8-12세): 기호 시스템의 정착과 부트스트래핑

이 단계는 선천적 핵심 시스템 위에 문화적·기호적 시스템이 정착하는 단계로 재기술된다. 수학 영역에서는 근사 수 체계(ANS)가 정확한 정수 표상과 점진적으로 결합하고, 대상 추적 시스템이 집합 및

기수성 표상으로 확장된다¹⁶⁾. 언어 영역에서는 음운 가소성이 부분적으로 좁아진 상태에서 명시적 규칙 학습과 메타언어적 인식이 새로운 학습 경로로 부상한다^{13),14)}. 베이지안 관점에서는 사전 분포가 점차 구조화되어 가설 공간이 좁아지는 대신, 형식적 교수와 기호 조작을 통한 정보 효율성이 증가하는 시기로 해석된다. 초등기는 명시적·기호적 학습 시스템이 발달적으로 가용해지는 시점이므로, 학령 전기와는 질적으로 다른 교육과정 설계 원리를 요구한다. 수학 영역에서는 근사 수 체계와 정확한 정수 표상의 통합이 진행되는 만큼, 교육과정은 직관적 수 감각을 기호 조작의 기반으로 명시적으로 활용해야 한다. 언어 영역에서는 음운 가소성이 부분적으로 잔존하는 동시에 메타언어적·명시적 학습 능력이 부상한다는 점에서, 외국어 교육의 적기에 해당한다고 볼 수 있다. 다만 초등기에 중등 수학 과정을 선이수하거나 추상적 대수·기하 내용을 발달적 준비 이전에 도입하는 관행은 근사 수 체계와 정수 표상의 통합 및 기호 시스템의 부트스트래핑을 방해하여 중등 이행기의 누적적 학습 부진과 동기 저하로 이어질 수 있기 때문에 주의할 필요가 있다.

다. 중·고등기(12-19세): 영역·차원의 비동기적 분기

표준적 발달 모델은 청소년기를 형식적 사고가 일률적으로 발달하는 시기로 가정하나³²⁾, 최근 인지 신경과학 연구는 청소년기의 인지가 영역별·차원별로 비동기적으로 분기한다는 점을 일관되게 보고한다^{26),33)}. 수학 영역에서는 영역 특수적 분화가 진행되며 가설 공간이 점차 협소화되어, 형식적 추론과

31) 김은영·구자연·김지원·김혜진·김재철·김종근·조숙인·이화여자대학교 산학협력단(2024). 영유아기 사교육 경험과 발달에 관한 연구. 육아정책연구소.

32) Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.

33) Blakemore, S.-J., & Choudhury, S. (2006). Development of the adolescent brain: Implications for executive function and social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(3-4), 296-312.

정의·증명 기반 학습이 본격적으로 가능해진다. 언어 영역에서는 차원 간 비동기성이 더욱 뚜렷하게 드러난다. 음운 가소성은 결정적으로 좁아지는 반면^{13),14),27)}, 어휘·통사·화용·담화 차원은 평생에 걸쳐 지속적으로 발달할 수 있다. 또한 청소년기에는 사회·정서적 시스템이 재가소화되며(제2의 민감기, second sensitive period)³⁴⁾, 학습이 사회적 매개에 의존하는 양상이 강화된다. 또래 협력 학습의 질, 교사와의 신뢰 관계, 학습자 정체성의 형성은 단순한 동기적 변수가 아니라 이 시기 인지적 학습 자체를 구성하는 핵심 변수로 기능한다.

청소년기 인지의 영역·차원적 비동기성은 한국 중등 교육과정과 입시 체제의 핵심 가정에 직접적인 도전을 제기한다. 수능 중심의 표준화된 평가 체제는 모든 학습자에게 동일한 형식과 속도의 학습을 요구함으로써, 이 시기에 본격화되는 영역 특수적 강점과 약점을 교육과정 구성 원리에 반영하지 않는다. 영역 특수적 분화의 중요성을 인식하고 선택과목·수준별 학습·과정 중심 평가의 지속적 확대가 필요하다. 외국어 학습 또한 차원 간 가소성 비대칭에 부합하도록 재정의되어야 한다. 청소년기는 음운 가소성이 결정적으로 좁아진 이후이므로, 가소성 자원은 학술적 영어 능력과 실질적 의사소통 능력의 발달에 우선적으로 배분되어야 하며, 이를 통해 발달 시점과 교수 자원의 정합성이 강화될 수 있다. 한편, 사회·정서적 시스템의 재가소화는 이 시기 학습이 사회적 매개에 본질적으로 의존함을 의미한다. 또래 협력 학습의 질, 교사와의 신뢰 관계, 학습자 정체성의 형성은 학업 성과의 부수적 동기 변수가 아니라 청소년기 인지적 학습을 구성하는 핵심 메커니즘이다. 그러나 입시 경쟁 중심의 학습 환경은 또래를 협력자가 아닌 경쟁자로, 교사를 신뢰의 대상이 아닌 평가자로 위치시킴으로써 사회적 학습 메커니즘과 직접 충돌한다. 발달 단계 적합 교육과정의 관점에

서 본 단계의 정책적 과제는 영역 특수적 발달의 인정, 외국어 학습의 차원적 재정합, 사회적 매개 메커니즘의 회복으로 요약된다. 이는 단지 청소년기의 학업 성취 문제가 아니라, 학습자가 이후 고등교육과 평생학습의 주체로 기능할 수 있는 메타인지·자기조절 능력과 학습자 정체성의 토대를 형성하는 문제이다.

라. 대학·성인기 — 활용 편향과 가소성 종결의 양가성

이 단계는 새로운 학습 시스템이 가동되는 시기가 아니라, 이전 단계들에서 형성·정착·분화된 학습 성과가 전문적 영역으로 통합·활용되는 시기이다. 학령 전기에 가동된 핵심 시스템, 초등기에 공고화된 기호 시스템과 부트스트래핑, 중등기에 분화된 영역 특수적 사고와 사회·정서적 학습 메커니즘은 이 시기에 이르러 학문적·직업적 전문성을 구성하는 기반으로 기능한다. 장기간 안정된 학습 환경이 누적된 성인 학습자는 자원 제약 조건에서 효율적인 베이지안 추론자로 작동하며, 영역 특수적 사전 지식을 활용하여 빠르고 정확한 추론을 수행할 수 있다^{5),6),30)}. 그러나 사전 분포가 뾰족해질수록 새로운 개념적 패러다임의 수용은 어려워지고, 특정 차원에서는 가소성 종결이 진행된다. 즉 누적된 학습 성과는 전문성의 깊이를 가능하게 하는 동시에, 이전 단계에서 충분히 발달하지 못한 차원의 가소성 회복을 어렵게 만드는 양가적 효과를 갖는다.

이러한 양가성은 발달단계별 학습 방법 구성에서 중요하게 고려할 요인이다. 예를 들어 제2언어(L2) 산출의 가소성 종결은 음운 영역에서 가장 두드러지는 반면, 어휘·화용·담화 영역에서는 성인 학습자가 어린 학습자보다 더 빠르게 학습하는 양상이 관찰된다³⁵⁾. 따라서 성인 영어 학습은 발음 완벽성의

34) Blakemore, S.-J. (2018). *Inventing ourselves: The secret life of the teenage brain*. New York: PublicAffairs.

추구가 아니라, 청소년기까지 축적된 어휘·통사 토대 위에서 화용·담화 차원의 탐색적 확장과 영역 특수적 활용으로의 정교화를 중심으로 이루어져야 한다. 이는 영어 학습에 국한되는 원리가 아니다. 수학·과학·인문을 비롯한 모든 영역에서 성인기의 학습은 새로운 핵심 시스템을 가동하는 작업이 아니라, 이전 단계에서 통합된 기호 시스템과 영역 지식을 전문적·창의적 활용으로 발전시키는 작업으로 이해되어야 한다.

4 평가 우선주의와 학습지형의 왜곡

한국 교육의 가장 두드러진 특징은 상위 학교 진학을 위한 선발 기제에서 나타난다. 학생의 우수성은 단기간에 이루어지는 평가에서 입증되어야 하며, 그 평가는 문제 풀이의 형태를 띤다. 대학수학능력 시험을 정점으로 학교 내신, 사설 모의고사, 영재교육원 선발고사에 이르기까지 평가의 형식은 제한된 시간 안에 객관식 또는 단답식 문제를 정확하게 푸는 것을 요구한다. 이런 평가 형식이 절대적 위치를 차지하는 이유는 그것이 가장 신뢰할 만한 평가 방식이어서가 아니라, 대규모 표준화가 가능한 거의 유일한 방법이기 때문이다. 심층 면접, 포트폴리오 평가, 역량 중심 평가는 비용·신뢰성·공정성 시비 때문에 선발의 핵심 기제가 되지 못한다.

평가 형식이 한 가지로 수렴하면 학습 활동은 그 평가 형식을 모사하는 방향으로 정렬된다. 이를 평가에 의한 학습의 식민화라 부를 수 있다. 선발의 정점이 수능이라는 사실이 수능 문제 풀이를 학습의

최종 목표로 만들고, 이는 더 일찍 수능 수준에 도달하는 것을 우월한 학습으로 인식시켜 선행학습을 정상화한다. 사교육 시장은 이 수요를 흡수해 형성되고, 다시 선행과 반복 풀이를 강화한다.

이러한 학습의 식민화는 학습자의 시간 자원에 직접적인 영향을 미친다. 영유아기부터 청소년기에 이르기까지 한국의 사교육은 학습자의 시간을 누적적으로 점유함으로써, 발달 단계 적합 학습이 요구하는 자유 탐색·도래 상호작용·자율적 학습의 시간을 구조적으로 잠식한다. 교육부·통계청(2025)의 「2024 유아 사교육비 시험조사」에 따르면, 6세 미만 영유아의 47.6%가 사교육에 참여하며 5세 영유아의 참여율은 81.2%, 주당 평균 사교육 시간은 7.8시간에 이른다³⁵⁾.

학령기에 접어들면 시간 점유는 누적적으로 강화된다. 통계청·교육부(2025)의 「2024년 초·중·고 사교육비 조사」는 학생 사교육 참여율 80.0%, 주당 평균 참여시간 7.6시간에 이르는 것으로 보고한다³⁷⁾. 국제 비교 자료 또한 같은 흐름을 확인한다. OECD(2023)의 PISA 2022 결과는 한국 학생의 평일 숙제 시간이 약 2시간으로 비교 대상 80개국 중 6위에 해당함을 보여주며³⁸⁾, 한국청소년정책연구원(2009)의 국제 비교 조사는 한국 청소년의 주간 총 학습시간이 OECD 평균보다 약 15시간 길고 초·중·고생의 다수가 평일 여가시간 2시간 이하 구간에 집중되어 있음을 일관되게 확인한 바 있다³⁹⁾. 이러한 자원 박탈은 영유아기 베이비지안 가설 탐색을 위한 자유 시간, 학령기 핵심 시스템 가동과 부트스트래핑을 위한 도래·환경 상호작용 시간, 청소년기

35) Snow, C. E., & Hoefnagel-Höhle, M. (1978). The critical period for language acquisition: Evidence from second language learning. *Child Development*, 49(4), 1114-1128.

36) 교육부·통계청 보도자료(2025. 3. 14.). 2024년 유아사교육비 시험조사 주요 결과

37) 교육부·통계청 보도자료(2025. 3. 13.). 2024년 초·중·고 사교육비 조사 결과.

38) OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing.

39) 김기현·안선영·장상수·김미란·최동선(2009). 아동·청소년의 생활패턴에 관한 국제비교연구. 보건복지가족부·한국청소년정책연구원.

사회·정서 시스템의 재가소화를 위한 관계적 경험 시간 등 각 발달 단계에서 요구되는 활동에 투여할 시간 자원을 구조적으로 잠식한다.

이렇게 형성된 학습 경험은 앞서 논의한 바람직한 학습 경험과 정반대의 분포를 갖는다. 영어 학습은 입시 영어 지문의 분포에, 수학 학습은 입시 문제 유형의 분포에 강하게 편향되며, 노출의 양은 많으나 분포의 다양성은 현저히 좁다. 자유 탐색의 비중은 위축되고 정답 강화의 비중이 압도적으로 커지며, 학습자는 자신이 생성한 가설을 검증할 시간 없이 정해진 과정을 따라 정답에 빠르게 도달하는 절차를 반복적으로 수행하게 된다. 이 한정된 분포 안에서 학습자는 매우 능숙해진다. 한국 학생들이 PISA·TIMSS 등 국제학업성취도 평가에서 상위권을 일관되게 유지한다는 사실이 이를 직접적으로 뒷받침한다. 그러나 동일한 학생들이 학습 흥미·자기효능감·학교생활 행복도와 같은 정의적·동기적 지표에서는 OECD 하위권을 기록한다^(38),40).

본 고에서 제시하는 베이지안 발달 인지 프레임은 이 격차를 정합적으로 설명한다. 좁은 분포에 대한 활용 편향(exploitation bias)은 그 분포 안에서의 능숙성을 산출하지만, 사전 분포를 조기에 협소화시킴으로써 분포 바깥의 학습 가능성을 차단한다. 학습 흥미와 자기효능감은 학습자가 새로운 가설을 자발적으로 시도하고 그것이 작동하는 경험을 누적함으로써 형성되는 변수인데, 좁은 활용 모드에서는 이러한 형성 메커니즘 자체가 작동하지 않는다. 학습자는 주어진 정답에 빠르게 도달할 수는 있지만, 익숙하지 않은 영역에서도 새로운 것을 배울 수 있다는 효능감은 누적되지 않는다. 이 효능감은 특정 과제에 대한 자신감과 구별되는 메타 수준의 신뢰로, 학습자가 모르는 상태에서 가설을 생성하고 그것이 작동하는 경험을 직접 누적할 때만 형성되는 변수이며, 좁은 활용 모드에서는 이러한 형성 경험

자체가 발생하지 않기 때문이다.

5 한국 사교육의 인지적 비용

대학 및 성인기 이후 영어와 수학 각 영역에서 발전시켜야 하는 능력의 폭과 깊이를 기준으로 보면, 한국식 사교육이 도달하는 능력은 그 전체 가운데 기초 단계에 불과하다. 수능 영어는 주로 글의 빠른 독해, 어휘 추론, 문법적 정확성, 함정 회피 능력을 측정한다. 그러나 대학 및 성인기에 영어가 사용되는 맥락은 이와 상당히 다르다. 학술 영역에서는 논문 작성, 토론, 발표가 핵심이며, 산업 영역에서는 협상, 이메일, 프레젠테이션이 핵심이다. 어휘 기반과 문법 인식은 일정한 전이 효과를 갖지만, 이는 초보적 토대에 가깝다. 한국 영어 학습자들이 토익 등 표준화 시험 점수와 실제 의사소통 능력 사이에서 자주 큰 격차를 경험한다는 사실은 이 전이 한계를 잘 보여준다. 이러한 격차는 수학 영역에서도 나타난다. 입시 경쟁의 압력 속에서 수능 수학 학습은 유형 인식과 풀이 절차의 자동화로 수렴한다. 학생들은 주어진 문제가 어떤 유형에 속하는지를 빠르게 판별하고, 그 유형에 대응되는 절차를 적용하는 능력을 극대화한다. 그러나 실제 수학이 사용되는 데이터 분석, 모델링, 알고리즘 설계, 통계적 추론 등의 맥락에서 요구되는 능력은 이와 다르다. 핵심은 정형화되지 않은 문제 상황을 수학적 언어로 번역하는 능력, 모형의 가정을 비판적으로 점검하는 능력, 새로운 개념적 도구를 학습하고 통합하는 능력이다.

수능 수준의 영어·수학 능력은 해당 영역 전체 경쟁력 가운데 일부분에 불과하다. 그것은 더 높은 단계의 능력으로 가는 발판일 뿐, 그 자체가 능력의 본체는 아니다. 그런데 한국의 조기교육은 이 발판을 최종 목표로 다루며, 그 발판에 도달하기 위해 모든

40) 김성경·김명화·김인숙·이신영·백혜선(2023). OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2022 결과 보고서. 한국교육과정평가원

자원을 동원한다. 고부담 시험의 교육과정 협소화 효과에 관한 Au(2007)의 메타분석은 이 구조의 일반성을 실증적으로 확인한다. 49개 연구를 종합한 이 분석은, 시험이 고부담 결정에 결합되는 경우 시험 내용으로의 교육과정 축소, 시험 가능한 형식으로서의 지식 파편화, 정답 전달 위주의 교사 중심 교수법 증가가 일관되게 관찰됨을 보고하였다⁴¹⁾. 발판을 목표로 삼는 학습은 발판 너머로 이행할 인지적 자원을 형성하지 못한 채 발판 위에 머물게 되는 결과로 이어지는 것이다.

사교육이 부과하는 또 다른 인지적 비용은 후속 학습에서의 탐색 역량 박탈이다. 효과적인 탐색은 가설을 세우는 방법, 시도와 실패를 견디는 방법, 부분적 정보를 통합하는 방법, 막다른 길에서 방향을 전환하는 방법, 자신이 무엇을 모르는지 인식하는 방법 등 여러 하위 기술의 집합이다^{7),42)}. 이 하위 기술들은 탐색 경험을 통해서만 학습된다. 효과적인 탐색 역량은 정답이 명시된 환경에서 정답을 빠르게 찾는 훈련만으로는 발달하지 않는다. 탐색에 관한 지식과 탐색을 수행하는 능력은 별개이며, 후자는 충분한 양의 직접 경험을 요구한다.

영유아 및 청소년기는 인지적 가소성이 높은 시기이며, 이 시기에 형성된 학습 양식은 이후 삶의 학습 양식에 강한 잔여 효과를 남긴다. 이 시기를 문제 풀이 중심의 좁은 통계적 경험으로 채우면 학습자는 “학습이란 정답이 있는 문제를 빠르게 푸는 것”이라는 암묵적 모형을 내면화한다. 이 모형은 명시적 신념이 아니라 행동적 기본값(behavioral default)으로 작동한다는 점이 중요하다⁸⁾. 따라서 입시가 끝난 후에도 학습자는 새로운 영역을 만나면 자동적으로 “이 영역의 정답 패턴은 무엇인가, 그것을 어떻게 빠르게 익힐 것인가”라는 접근을 취한다. 정답이 없는

문제, 정답이 명시되지 않은 영역, 무엇을 배워야 할지 스스로 정해야 하는 상황에서 이러한 접근은 효과적이지 않다.

행동적 기본값이 입시 환경에서 굳어지면, 입시 종료 이후에도 그 영향이 유지된다. 대학, 대학원, 직장, 연구, 창업 등 탐색이 필요한 어떤 단계에서도 학습자는 어려움을 겪는다. 탐색 경험이 충분하지 않으면 탐색을 시도해도 비효율적이고 좌절스럽기 때문에 곧 포기하게 된다. 결과적으로 입시 이후의 탐색 박탈은 자기 강화된다. 좁은 분포에서의 능숙함은 그 분포에 머물도록 유인하고, 분포 바깥에서의 탐색 시도는 좌절을 통해 다시 분포 안으로 끌어당긴다.

6 발달단계에 적합한 조기교육의 일곱 가지 원리

첫째, 핵심 시스템 보존의 원리이다. 영유아기 ANS, 대상·공간 시스템, 음소 변별, 통계 학습 시스템과 기호 시스템 사이의 다리를 견고히 놓는 데 우선순위를 두어야 한다. 추상 기호가 핵심 시스템과 연결되지 않으면 학습자는 직관 없는 절차에 의존하게 된다.

둘째, 부트스트래핑 시간 보장의 원리이다. 기수 원리, 제1언어-제2언어 부트스트래핑, 화용 원리의 정착은 충분한 시간을 필요로 한다. 발달단계를 건너뛰고 시간을 압축하는 학습은 부트스트래핑이 아닌 절차적 자동화로 환원된다.

셋째, 사전 분포 평탄성 보존의 원리이다. 너무 일찍, 너무 좁게 정형화된 문제 풀이법을 주입하지 말아야 한다. 사전 분포의 평탄성은 유연한 학습과 다양한 가설 탐색의 필요 자원이며, 한 번 좁아진 분포는 후속 학습에서 쉽게 복원되지 않는다.

41) Au, W. (2007). High-stakes testing and curricular control: A qualitative metasynthesis. *Educational Researcher*, 36(5), 258-267.

42) Schulz, L. (2012). The origins of inquiry: Inductive inference and exploration in early childhood. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(7), 382-389.

넷째, 영역·차원 비동기성 인정의 원리이다. 현행의 표준화된 단일 진도 모델은 청소년기 영역·차원 비동기성을 고려하지 않는다. 이는 학습자원의 과잉 배치 또는 가소성 활용 기회 손실을 초래하므로, 교육과정의 차등적 설계와 운영의 유연성을 확보해야 한다.

다섯째, 탐색·활용 균형의 원리이다. 학습 환경이 활용 모드에 극단적으로 편향되면, 학습자는 좁은 분포에서는 능숙해지지만 새로운 영역에서 학습 전략을 동원하는 능력 자체를 발달시키지 못한다. 따라서 학령 전기부터 청소년기에 이르기까지 일정 비율의 탐색 시간이 구조적으로 보호되어야 한다.

여섯째, 체화 우선성의 원리이다. 추상적 개념은 형식적 기호 조작이 아니라 신체·감각·행위 경험을 통해 형성된다. 수학에서 조작 교구와 동적 기하 환경은 대상 추적·공간 기하의 핵심 시스템을 활용하여 추상적 수리 개념의 체화된 토대를 마련하고, 영어에서 행위·사물·맥락과 결합된 자연주의적 노출은 의미의 체화된 토대를 마련한다.

일곱째, 시점보다 방식이 우선한다는 원리이다. 영어와 수학 모두에서 학습 효과를 일차적으로 좌우하는 변수는 '언제 시작하는가'가 아니라 '어떤 방식으로 노출시키는가'이다. 다독·영상·음악·포레놀이·의미중심몰입으로 대표되는 자연주의적 노출은 발달적 가소성의 가용 시점을 활용하는 동시에 탐색의 비중을 보존한다는 점에서, 명시적·지시적 학습 방식에 우선하여 고려되어야 한다.

7 결론

가. 분석의 종합: 노출의 양에서 분포의 형태로

영유아 영어·수학 사교육은 그 자체로 좋거나 나쁜 것이 아니다. 그 효과는 ① 어떤 분포의 입력 노출을 형성하는가, ② 어느 발달 시점의 인지 자원을 활용하는가, ③ 탐색의 비중을 어느 수준에서 보호하는가라는 세 변수에 의해 결정된다. 그러나 한국의

현행 사교육은 입시-평가 형식에 대한 구조적 종속성으로 인해, 노출 분포를 비정상적으로 좁히고 탐색의 비중을 현저히 위축시키는 방향으로 작동한다. 그 결과 다음과 같은 인지적 비용이 발생한다. 첫째, 사교육이 집중적으로 다루는 영어·수학 영역 안에서 서조자 학습자의 능력은 표층적·절차적 수준에서 정체된다. 둘째, 학습자는 메타학습 역량으로서의 탐색 자체를 발달시킬 기회를 잃는다. 이러한 비용은 누적적이며, 입시가 종료된 이후의 평생학습 역량에까지 잔여 효과를 남긴다.

나. 본 연구의 한계

본 고에서 주장하는 많은 부분이 가설적 성격을 갖는다. 특히 탐색 박탈의 (준)비가역성과 후속 활동 제약에 대한 주장은 이론적 추론과 횡단적 관찰에 의존하고 있으며, 인과적 검증을 위해서는 더 정교한 종단 연구가 요구된다. 특히 음운 가소성의 협소화 속도, 영역별 부트스트래핑 요구 시간 등에 관해서는 정량적 측정을 통한 추가 연구가 필요하다. 본 고에서 인용한 한국 사교육 통계와 PISA 데이터는 횡단적 자료이므로, 인지 자원 관리와 학습 결과의 인과 관계를 직접 입증하지는 않는다.

다. 향후 연구 과제

본 고에서 제시한 가설들이 부분적으로만 참이라 하더라도, 현행 사교육 구조가 영유아·청소년기 인지 자원에 부과하는 비용은 결코 무시할 수 없는 수준이다. 통계적 노출의 양을 자랑하는 동안, 우리는 그 분포의 폭과 탐색의 시간을 함께 잃고 있다. 이러한 가설들의 경험적 검증과 정교화를 위해, 다음과 같은 후속 연구가 필요하다.

첫째, 종단 연구를 통한 탐색 박탈 가설의 직접 검증이다. 대규모 추적 연구를 통하여 영유아 및 청소년기 학습 양식의 형성 과정과 대학 및 성인기의 학습 양상을 측정함으로써, 본 연구가 제기한 탐색·활용의 인과적 효과를 직접 평가할 수 있다.

둘째, 영역별·차원별 비동기성의 정량적 측정이 다. 본 고에서 제시한 영어·수학의 비대칭은 아직 이론적 구분에 머물러 있으며, 음운 가소성의 협소화 곡선, 부트스트래핑 시점의 영역별 편차, 핵심 시스템에서 기호 시스템으로의 전이 양상에 대한 정량 측정이 후속 연구로 요청된다.

셋째, 교수 방법에 따른 인지 자원 사용 양상의 비교 연구이다. 자연주의적 노출 중심 프로그램과 명시적 교수 중심 프로그램이 인지 자원에 미치는 영향을 비교함으로써, 시점보다 방식 우선성의 원리를 경험적으로 검증할 수 있다.