

The Developmental Trajectory of the Operational Momentum Effect

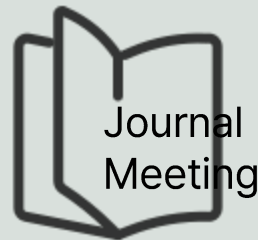
Pinheiro-Chagas, P. et al., (2018)

Journal = Frontiers in Psychology

Introduction

☑ 선행연구

- Dehaene, 1997 : 수치적 매그니튜드에 대한 정신적 표상은 mental number line의 형태를 가짐
- SNARC effect는 하나의 증거
- 대략적 수량 계산 과제에서 나타나는 OM 효과에 대한 설명
 1. Attentional shift account: 정신적 수 계산과 시공간적 주의의 기능적 관련성의 결과가 성인의 OM 효과일 것
 - 수 계산은 주의 이동 매커니즘을 동원
 - 동일한 뇌 영역을 공유하고 있다는 선행연구 posterior superior parietal lobule
 - 공식적 교육과정을 거치며 덧셈+큰 수+오른쪽 공간을 연합하므로, 나이와 함께 OM 효과 발달
 2. Heuristic account: 9개월 신생아도 OM 효과를 보임, '덧셈이면 큰 값, 뺄셈이면 작은 값'일 것이라는 간단한 휴리스틱을 사용하는 것이라 설명
- 신생아, 6개월 아동, 8세에서 보이는 inverse OM effect 등의 다양한 연구가 있지만, OM 효과의 발달 궤적에 대해 살펴본 연구의 부재



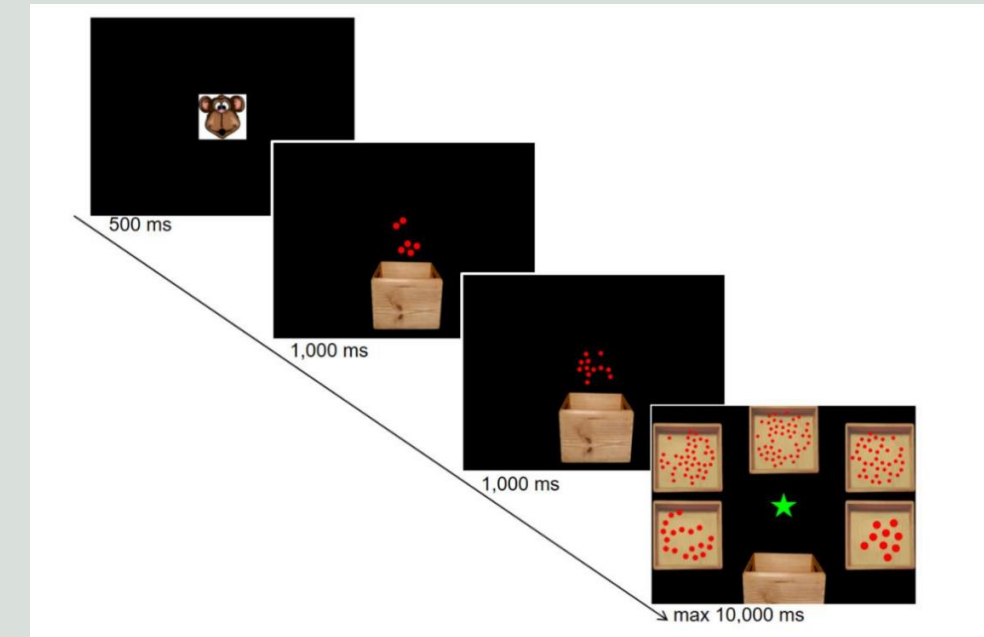
Materials and Methods

✓ 참가자

- 브라질의 8-12세 학생 162명
- 사전 non symbolic number comparison task과 IQ를 조사하여 기준을 넘은 아이만 참여

✓ 과제

- Non-symbolic estimation task
 - 10, 16, 24, 32, 48, 56, 64 개 중 하나의 그림이 화면에 제시되고, 아이가 수량을 언어적으로 보고하면 실험자가 컴퓨터에 입력하고 다음 문제
 - 7*5 repetitions(매번 다른 dots 구성) = 35 시행
- Non-symbolic approximate calculation task
 - 상자에 들어가거나 나오는 영상 제시, 5개의 선택지 중 마우스로 클릭하여 보고 -> 시각적 피드백
 - 2 operations*8 problems*2 ranges(high, low)*2 repetitions

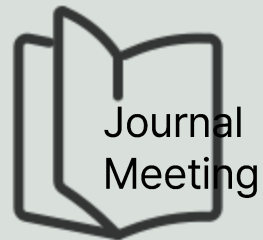
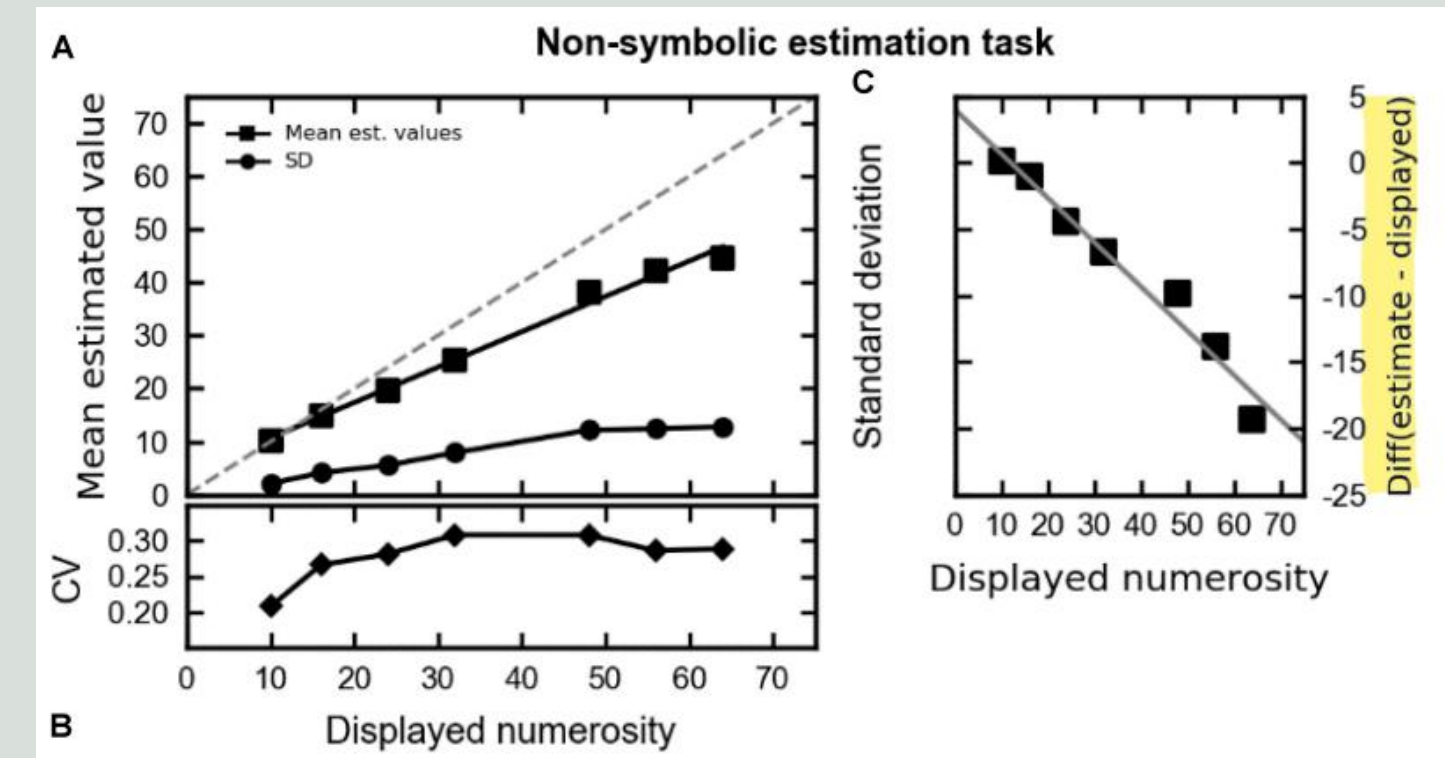


Result 1

Non-symbolic estimation task

✔ 제시된 수에 대한 보고 경향성

- 반복측정 분산분석: mean chosen numerosity에 대한 displayed numerosity * age
 - 큰 수가 제시될수록 보고한 수의 평균도 유의하게 증가 [$F(6,942) = 313.45, p < 0.001, \epsilon_{GG} = 0.27,$ generalized $\eta^2 = 0.47$]
- 상관분석: numerical difference(chosen – displayed)과 displayed numerosity
 - A Strong negative correlation, 즉 실제로 큰 수를 제시하면 제시된 수보다 더 작은 수로 평가 [$r_{rm}(971) = -0.57, 95\% \text{ CI} = [-0.61, -0.53], p < 0.001$]



Result 1

Non-symbolic estimation task

✓ 베버의 법칙 검증

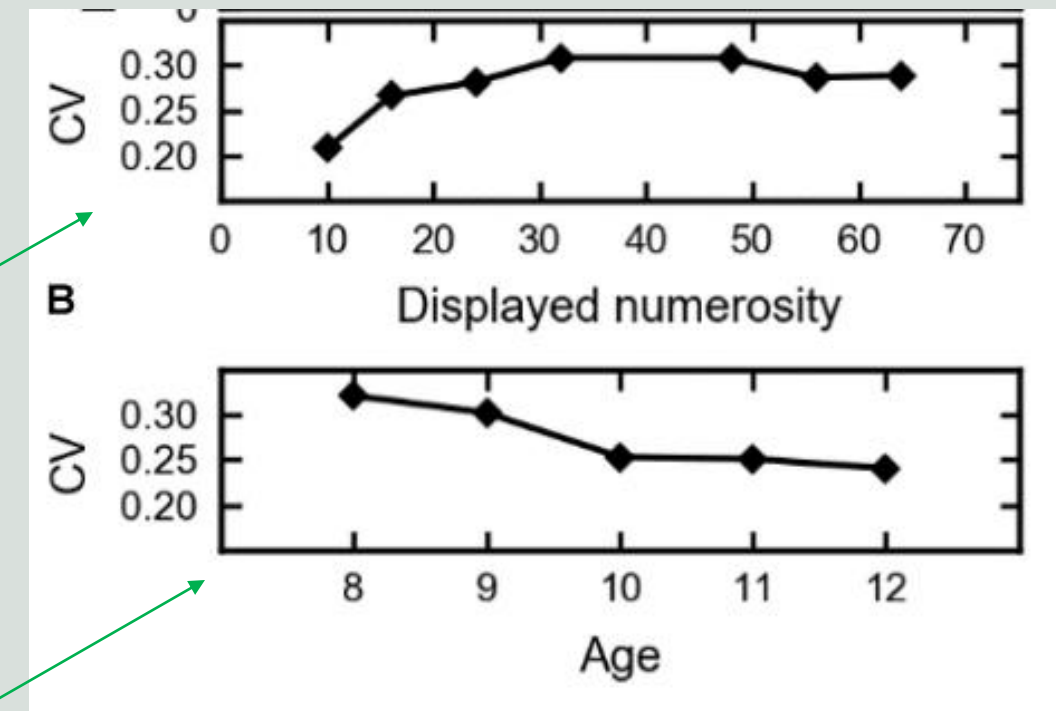
: 각 아이별로 제시된 numerosity에 대해 CV의 평균을 측정함

정신적 수 표상이 베버의 법칙에 따른다면, 제시된 수는 CV와 공변하지 않아야 한다.

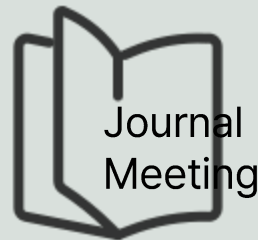
- 반복측정 분산분석: Correlation of Variant(CV) ~ displayed numerosity * age
- 상관분석: A weak positive correlation [rrm(971) = 0.16, 95% CI = [0.10, 0.22], $p < 0.001$]

CV decreased with age [$F(4,157) = 5.26$, $p < 0.001$, $\eta^2 G = 0.04$]

-> 응답 정확도가 올라갔다!



To account for putative effects of inflated variance due to small number of trials in each displayed numerosity, we repeated these analyses using the z-transformed scores. For both mean chosen numerosity and CV, we calculated the standardized z-scores over all displayed numerosity for each child. The mean z-scores were entered into a repeated measure ANOVA with age as between-subject factor. Similar results emerged. In fact, age significantly influenced CV [$F(4,157) = 5.37$, $p < 0.001$] but not mean chosen numerosity [$F(4,157) < 1$].

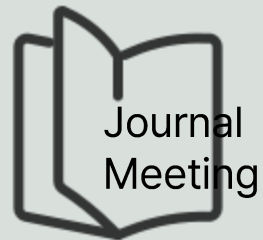
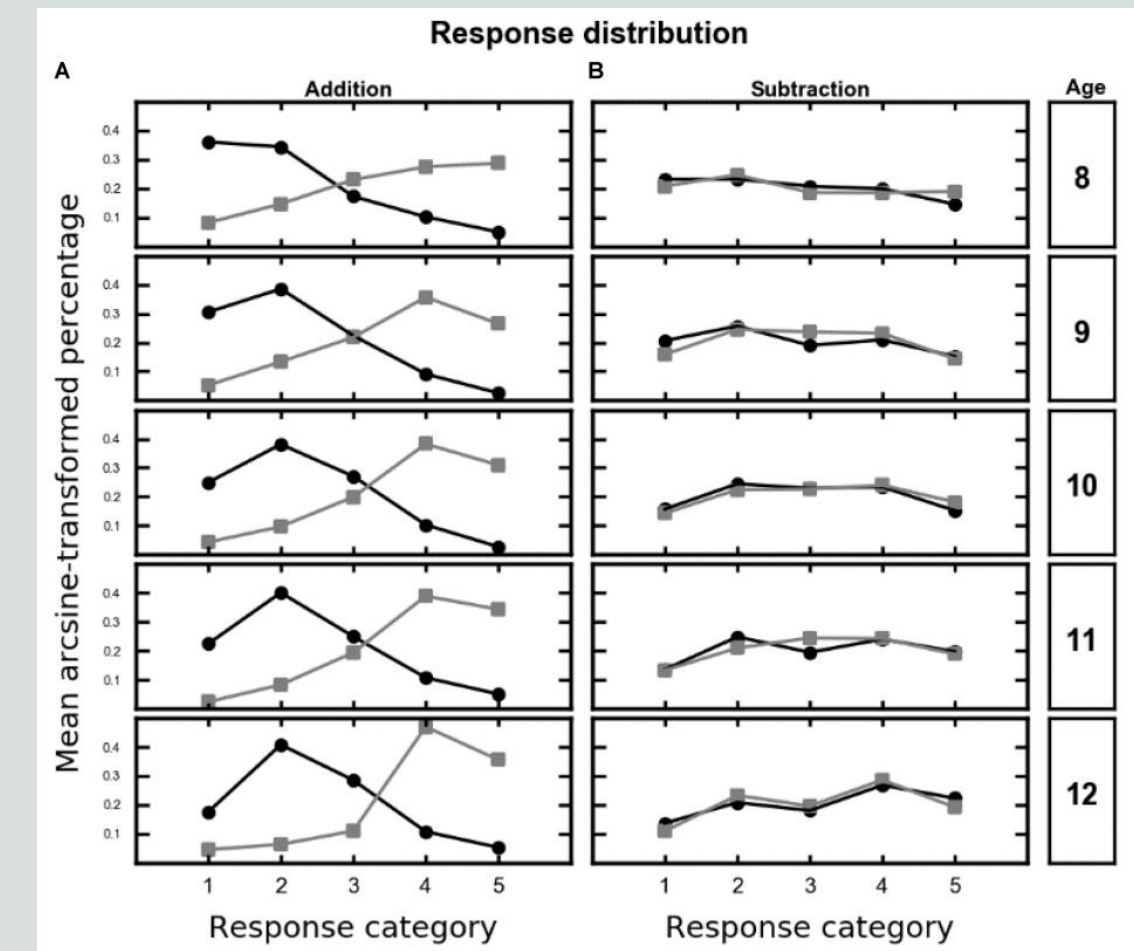


Result 2

Non-symbolic approximate calculation task

✔ Response Distribution

- 정확하다면 응답 패턴이 non-flat
- 반복측정 분산분석: mean % of choice에 대한 response category*range*operation*age
 - 덧셈: **non-flat**, the main effect of response category was significant [$F(4,628) = 22.06$, $p < 0.001$, $\epsilon GG = 0.89$, generalized $\eta^2 = 0.06$] 그리고 몇 가지 상호작용 효과들이 유의함
 - 뺄셈: **flat**, only the main effect of response category [$F(4,628) = 19.18$, $p < 0.001$, $\epsilon GG = 0.89$, generalized $\eta^2 = 0.07$]

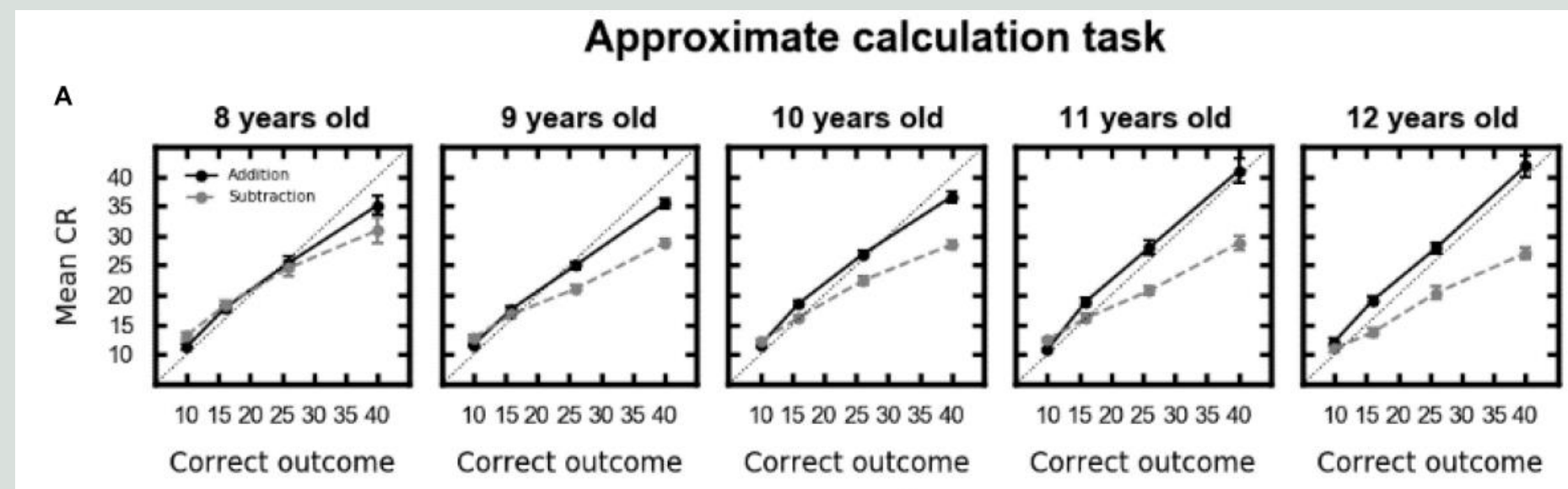
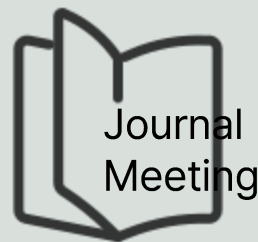


Result 2

Non-symbolic approximate calculation task

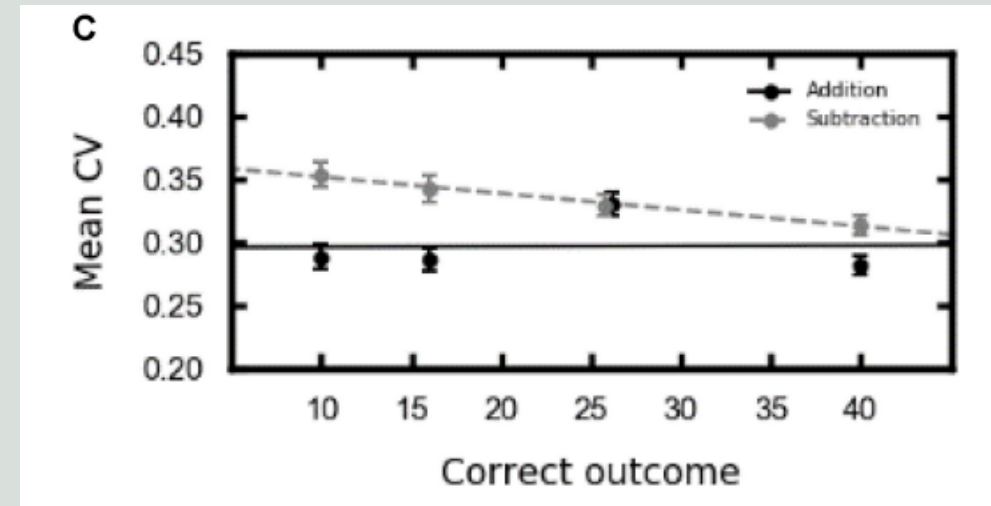
✓ Children's Performance

- 반복측정 분산분석: mean chosen numerosity(mean CR)에 대한 correct outcome * operation*age
- Increased with correct outcome의 주효과 [$F(3,471) = 1685.80, p < 0.001, \epsilon GG = 0.60, \eta^2 G = 0.76$]
- Greater for addition; 덧셈에서는 평균값 23.2, 뺄셈에서는 19.9
- 특히 뺄셈과 비교해 덧셈에서 과대추정, 덧-뺄셈의 차이는 더 큰 수량에 대해 큼, 나이와 함께 greater



Result 2

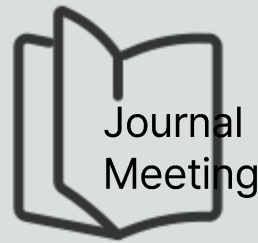
Non-symbolic approximate calculation task



✅ 아이들의 정신적 수 표상은 베버의 법칙을 따르는가?

: CV에 대한 correct outcome*operation*age ANOVA

- The main effect of correct outcome was significant [$F(3,471) = 5.88, p < 0.001, \epsilon GG = 0.90, \eta^2 G = 0.01$]
- 각 연산에 대해 상관분석: correct outcome과 CV
 - 덧셈에서는 상관이 없으나, 뺄셈에서는 a weak negative correlation [$r_{rm}(485) = -0.17, 95\% CI = [-0.25, -0.08], p < 0.001$]
- 베버의 법칙을 완전히 검증하지는 않으나, 아예 상반되는 결과는 아님

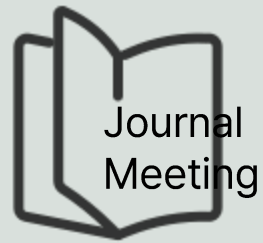
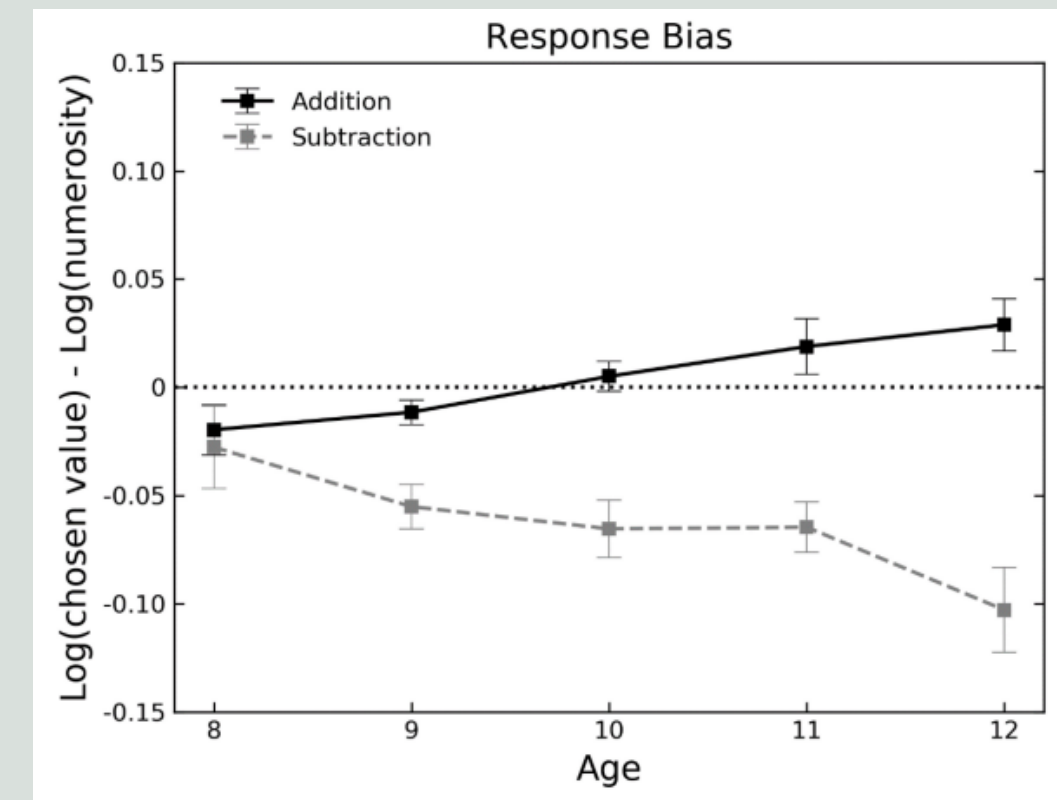


Result 2

✔ Operational Momentum Effect

반복측정 분산분석: mean response bias에 대한 operation*age

- Response bias = mean difference btw the logarithm of the chosen response and the logarithm of the correct outcome
- 덧셈과 뺄셈에서 유의한 차이 [$F(1,157) = 60.2, p < 0.001, \eta^2 G = 0.17$]
- The OM effect monotonically increased with age & No effect for 8살 아동
- 각 연산에서의 응답 편향이 유의한지 보고자 one-sample t test 결과, 빼기 연산의 9-12살 아동에 대해서는 유의한 차이(OM) 관찰 [all ts < -4.97, all ps < 0.01]



Discussion

✔ Non-symbolic estimation task

- 제시된 수를 과소평가, 수가 클수록 더 과소평가하는 경향
- 베버의 법칙과 완전히 상반되지 않는 결과

✔ Non-symbolic approximate calculation task

- 빨셈에서 비교적 저조한 수행, 그러나 response category의 주효과가 있는 것을 고려하면 무선 응답이 아닌 빨셈에서 다른 전략을 썼을 것
- 빨셈에서 명확한 OM effect, 덧셈에서도 OM의 증가와 함께 정확도도 증가
- 나이에 따라 OM 효과 증가 -> 아동기를 거쳐 공식적 교육을 받으며 발달?

✔ 그래서, OM은 발달적으로 발생하는가? “비선형적일 것이다”

- Knops et al. (2013) showed that the direction of the OM effect was related to reorienting attention in a Posner paradigm.

