

과학적 추리에서 결정불가능의 두 유형과 그 발달

권 오 식

인제대 아동학과

본 연구는 추론, 문제해결, 인과추론을 비롯하여 과학적 사고에서 흔히 있는 결정불가능(indeterminacy)이 상이한 두 유형 - 경합성 결정불가능과 정체성 결정불가능 - 으로 구분된다는 것을 제안하고 각각의 발달과정과 이에 관계되는 요인들을 요약하였다. 경합성 결정불가능(competitive indeterminacy)은 가능한 결론들이 동등한 자질을 갖기 때문에 야기되는 것으로서 경합되는 대안들이 무엇인지를 명시하고 반응편중효과를 적절히 통제하면 4-5세 경의 아동도 결정불가능을 잘 지각한다. 반면에 정체성 결정불가능(identity indeterminacy)은 미확인사례의 존재에서 기인하는 것으로서, 경합성 결정불가능을 잘 지각하는 아동도 정적 사례가 오직 하나만 포함되는 특정 유형의 정체성 결정불가능 상황에서는 높은 오류를 보인다. 정적 포착(positive capture)이라 불리는 이 오류는 정체성 결정불가능이 경합성 결정불가능과는 개념적으로 구분될 뿐 아니라 다른 발달기제가 있음을 시사하고 있어서 선행연구들을 개관하고 이에 대한 연구방향을 제안하였다.

핵심어: 인지발달 · 과학적 추리 · 결정불가능 · 증거유형 · 경합성 결정불가능 · 정체성 결정불가능 · 정적 포착

추론, 문제해결, 그리고 과학적 사고에 공통되는 특징의 하나는 명시적으로 주어진 정보로부터 명시적으로 주어지지 않은 정보를 끌어내는 것이라고 말할 수 있다. 그런데 주어진 정보와 추론된 정보의 관계는 주어진 정보로부터 결론이 필연적이고 분명하게 유도되는 경우가 있는가 하면, 주어진 증거나 정보만으로는 둘 이상의 가능한 대안 중에서 어느 것이 결론인

지 확실하지 않은 경우도 있다. 결정불가능이란 현재까지의 정보나 증거로는 불확실성을 완전히 제거하지 못하는 경우를 말한다(Fay & Klahr, 1996). 만약 주어진 정보로부터 어떤 결론이 불가피하게 유도되며, 다른 결론을 내리는 것이 불가능하다면 결정가능이라고 부를 수 있다. 이에 비해서 결정불가능 상황에서의 일어난 추론은 단지 개연적일 뿐이다.

결정불가능의 발달에 관한 연구가 중요하게 취급된 이유는 결정불가능의 탐지가 추론, 문제해결, 또는 과학적 사고과정에서 흔히 있는 필연성(necessity), 그리고 가능성(possibility) 등과 같은 개념간의 상호관계에 대한 이해를 반영하며 (Piaget, 1987; Pieraut-Le Bonniec, 1980), 이들 개념을 포함하는 논리적 추론, 문제해결, 인과추론, 및 과학적 사고의 선결요건이 된다고 보았기 때문이다(Fay & Klahr, 1996; Bindra, Clark, & Shultz, 1980; Braine & Romain, 1983; Piaget & Inhelder, 1975). 이처럼 결정불가능을 해결하려면 새로운 정보가 추가로 요구된다. 결정불가능의 지각이 새로운 자료나 증거를 수집하는 탐구활동을 자극한다는 점에서 볼 때, 아동이 언제부터 결정가능과 결정불가능을 구분하는지를 아는 것은 과학적 사고의 발달 연구에서 특히 중요하다(Fay & Klahr, 1996).

본 연구는 결정불가능을 경합성 결정불가능과 정체성 결정불가능으로 나누고 이들이 각각 어떻게 발달하는지를 보임으로써 결정불가능의 발달과 관련된 상반되는 연구들의 결과를 통합적으로 해석해 보고자 하는 것이다. 이 연구의 다른 목적은 결정가능 및 결정불가능이 자료유형에 의해서 결정된다는 점을 강조함으로써 과학적 사고의 순환과정에서 획득된 자료의 해석, 및 새로운 자료를 수집하기 위한 활동이 결정불가능의 탐지 및 해결과 관련된다는 점을 보이고자 하는 것이다.

결정불가능의 두 유형

결정불가능이란, 결정가능과는 반대로, 현재까지의 정보나 증거로는 추론에서의 불확

실성을 완전히 제거하지 못함을 말한다(Fay & Klahr, 1996). 결정불가능은 근본적으로 정보의 부재 또는 불충분에서 기인한다. 결정불가능이 일어나는 가장 흔한 경우는 두 개 이상의 대안들(alternatives)이 동가유목(equivalent class)에 속할 때이다. 즉, 두 개 또는 그 이상의 대안들이 동등한 자질을 가지고 있기 때문에 그 중의 어느 것이 답인지 '알 수 없다 (Don't know 또는 Can't tell)'. 확률론적 시각에서 볼 때 동가유목에 속한 사례들은 모두 결과를 야기할 수 있는 확률을 동등한 정도로 갖기 때문에 서로 경쟁적이다. 이런 의미에서 본 연구에서는 동가유목에 의해서 야기되는 결정불가능을 '경합성 결정불가능'(competitive indeterminacy)이라 부르기로 한다.

경합성 결정불가능이 성립하려면 먼저 대안들이 결과를 야기할 수 있는 능력을 가지고 있는지 그렇지 않은지에 관한 정보를 갖추어야 할 것이 요구된다. 그런데 어떤 경우 예컨대, 과학적 사고 과정처럼 가설과 증거 사이를 순환하는 경우, 또는 증거나 자료가 순차적으로 제시되는 상황에서는 어떤 시점에서 보면 여러 대안들 중에서 그 속성이 알려진 것들과 아직 그 속성이 밝혀지지 않은 것들이 공존하게 된다. 속성이 확인되지 않은 대안은 결과를 야기할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있기 때문에 미확인 대안이 하나라도 있다면 결정은 불가능하다. 미확인 사례/대안에 의해서 야기되는 결정불가능을 본 연구에서는 경합성 결정불가능과 구분해서 정체성 결정불가능(identity indeterminacy)라 부르기로 한다.

결정가능의 여부는 증거에 의해서 결정

되는 것이기 때문에 결정불가능의 두 유형을 증거집합을 이용해서 정의할 수가 있다. 변인들은 성질을 인과관계에 한정해서 볼 때 결과를 일으킬 수 있는 것과 결과를 일으킬 수 없는 것으로 나누어 볼 수 있다. 대안들은 결과를 일으킬 수 있는 목표특성(target)을 가지고 있는 것들을 정적 대안(positive alternative), 목표특성을 가지고 있지 않은 것들은 부적 대안(negative alternative)으로 구분할 수 있다. 여기에 더하여 아직 그 특성이 확인되지 않은 미확인 대안(unidentified alternative)이 공존한다. 정적 대안, 부적 대안, 그리고 미확인 대안들의 조합으로 이루어지는 집합이 결정가능 또는 결정불가능을 판단하는 증거유형(evidence pattern)이 된다. 경합성 결정불가능은 증거집합에 둘 이상의 정적 대안이 존재할 때를 말하며, 정체성 결정불가능은 하나 이상의 미확인 대안이 있는 경우에 생기게 된다. 정적 대안이 없으면서 둘 이상의 미확인 대안들이 있는 경우는 등가성에 의한 경합이 예상되기 때문에 이 경우도 경합성 결정불가능으로 분류할 수 있을 것이다.

증거유형은 다수의 사상들의 상호관계를 기술하는데 특히 유용하다(예, Mill, 1872/1911). 권오식(1994)은 공변추론의 몇 가지 유형을 자료유형으로 표현하고 그 발달에 관한 연구를 시도하였다.

결정불가능과 그 발달에 관한 지금까지의 연구들을 살펴보면 경합성 결정불가능에 관해서는 많은 연구가 이루어져서 이를 지각하게 되는 시기 및 그 관련변인들이 비교적 자세하게 알려져 있다. 이에

비해서 정체성 결정불가능에 관한 연구 및 미확인 대안이 포함된 특수한 증거유형에 의해서 발생하는 결정불가능에 관해서는 아직까지 연구가 많지 않다. 지금부터 간략하게 경합성 결정불가능과 정체성 결정불가능의 발달에 관한 연구를 차례로 살펴보기로 한다.

경합성 결정불가능의 발달

결정불가능의 발달을 다룬 연구들은 대부분 불충분하거나 애매한 정보로 인해 논리적으로 둘 이상의 답이 존재하는 상황을 설정한다(예, Pieraut-Le Bonniec, 1980). 이런 상황에서 타당한 결론은 "알 수 없다(Don't know 또는 Can't tell)"가 될 것이다. 그러나 아동들은 여러 개의 가능한 답 중의 하나를 택하여 답을 함으로써 성급한 종결(premature closure)을 한다. 판단을 중지해야 할 상황에서 아동이 보여주는 성급한 종결은 결정불가능에 대한 아동의 미숙한 이해를 반영하는 것으로 보았으며, 이와 반대로 '종결 없음'과 같은 애매성을 인정하는 경향은 형식적 추리의 필요성분이라고 보았다(Lunzer, 1973, 1978).

성급한 종결(premature closure)

아동이 왜 정보가 불충분함에도 불구하고 성급한 종결을 하는가? 이 질문에 대한 대답을 아동의 비체계적인 시각탐색(visual search), 또는 기억능력의 제약과 같은 능력요인, 과제의 구체성-추상성, 또는 과제에 내재된 추론규칙의 단순성-복잡성과 같은 과제특성, 그리고 '알 수 없다'라는 반응과 관련된 반응 특성들

을 중심으로 탐구되었다. 여기서 각 요인과 관련된 연구들을 간략하게 살펴보기로 한다.

능력요인: 아동의 낮은 수행은 배열된 증거들에 대한 비체계적인 시각탐색(Vurpillot, 1968), 또는 정적 사례가 발견되는 즉시 탐색을 종결하는 자기종결적(self-terminating) 탐색과 관련이 있을 수 있다. 비체계적인 시각탐색이나 자기종결적 시각탐색은 증거 중의 일부가 탐색되지 않은 채 결론을 내리게 됨으로써 오류판단으로 이어질 수 있다. 성급한 종결이 아동의 불완전한 시각탐색에서 기인하였다면 탐색되지 않은 나머지 자극들에 주의를 집중하게 함으로써 성급한 종결에서 벗어나게 할 수 있을 것이다. 한 연구(Fay & Klahr, 1996, 실험 1)는 두 개의 대안이 동가적이어서 결정불가능한 상황에서 대안 중의 하나를 선택하는 성급한 종결반응을 보인 아동들에게 다른 대안도 동등한 자격을 가지고 있는지를 물어본 다음 다시 결정가능 여부를 물었다. 질문을 받은 16명의 아동 중에서 8명만이 수행이 향상되었고 나머지 8명은 향상되지 않았다. 대안들에 주의를 하는 것이 결정불가능판단을 증가시키기는 하지만 시각탐색에서의 아동의 특징이 성급한 종결을 모두 설명하지는 못한다. 이 연구가 가지는 한가지 문제는 다른 대안들의 가능성을 환기시키는 것은 시각적 탐색을 유도하는 것 이상의 의미가 있다는 것이다. 성급한 종결이 아동의 특징적인 시각탐색과 관련되는지를 규명할 수 있는 보다 직접적인 증거를 얻을 수 있는 방법으로 안구운동추적장치(Eye tracker)와 같은

특별한 장치를 이용할 수도 있을 것이다.

아동이 가진 기억능력의 한계가 아동으로 하여금 여러 가능한 대안들 중에서 오직 한가지 대안에 대한 가능성만을 기억하도록 함으로써 성급한 종결로 유도할 수 있을 것이다. 그러한 우려 때문에 어떤 연구에서는 기억보조물을 사용하거나(Acredolo, & Horobin, 1980), 친숙화 과정에서 충분한 과학습을 시키는 등의 절차를 사용하여 있을 수 있는 기억의 제약을 보완하는 절차를 도입한다. 그러나 성급한 종결이 기억의 제약 때문이 아닐 가능성을 시사하는 연구가 있다. Sophian과 Somerville(1988)은 4세 아동도 여러 위치들을 분명하게 기억한다는 증거를 보여주었다. 또, 권오식(1998)은 앞에서 언급한 Fay & Klahr(1996)의 연구와 유사한 절차를 사용한 실험에서 아동이 비록 미확인 사례 중에서 목표자극이 포함되어 있다는 것을 분명하게 기억하고 있는 아동들도 성급한 종결을 한다는 결과를 얻었다. 그러므로 아동은 비록 제한된 기억능력을 가지고 있지만 그것이 성급한 종결을 가져오는 것은 아닌 것으로 보인다.

과제의 구체성 효과: 결정불가능의 발달에 관한 연구들은 조건추리능력의 발달 연구와 밀접한 관계가 있다. 조건문 'if p then q'를 주고 p (Modus Ponens: MP), q (Affirmation of Consequent: AC), not-p (Denial of Antecedent: DA), 그리고 not-q (Modus Tollens: MT)와 같은 네 가지의 판단을 시켜보면 not-p와 q판단에서 특별히 많은 오류를 범한다(Braine & Rumin, 1983; Brain, 1978; Johnson-Laird, 1983). 'If p

then q'는 p 이외에도 다른 것이 q를 일으킬 수 있음을 배제하지 않기 때문에, 비록 p를 부정하더라도 q가 생길 가능성이 있어 not-p는 결정불가능하다. 마찬가지로 q를 긍정한다고 반드시 p가 성립할 것인지는 역시 결정 불가능하다. not-p와 q는 결정불가능함에도 불구하고 아동들은 그것들을 각각 not-q와 p로 확정함으로써 오류를 범한다. 이 계열의 연구에 의하면, MP는 6세 경에, MT는 9세 경에 획득되나 DA와 AC는 13-15세가 되어야 획득된다. DA와 AC가 특별히 늦게 발달하는 원인이 다음 두 방향에서 검토되었다. 하나는 명제논리가 요구하는 형식 논리적 사고와 구체적 조작적 사고를 대비시키는 연구(Pieraut-Le Bonniec, 1980)이며 이같은 연령차가 불확실성의 이해의 차이에서 비롯된 것이 아니라 일상적인 언어관습에 의한 초대추론(invited inference)의 결과라는 시각에서의 접근(Rumaine, Connell, & Brain, 1983; Geis & Zwicky, 1971)으로 나누어 볼 수 있다.

Pieraut-Le Bonniec(1980)는 상자과제를 사용하여 결정불가능의 발달을 연구하였는데 이 과제는 다양하게 변형되어 후속연구에서 많이 사용되었으므로 간단하게 설명하기로 한다. 그녀는 여러 가지의 상자과제를 사용하였는데, 다음에 설명하는 것과 논리적으로 동등하다. 상자과제는 두 개의 구멍이 뚫린 하나의 상자과 이 구멍에 넣을 수 있는 물건으로서 마블과 스틱으로 구성된다. 스틱은 작고 마블은 크기 때문에 두 구멍은 모두 스틱은 통과시키지만 마블은 오직 큰 구멍을 통과할 수 있다. 아이들에게 던진 질문은

내가 이 큰 구멍에 무언가를 넣었는데 그것이 무엇인지 알 수 있을까?(결정불가능) 작은 구멍에 무언가를 넣었는데 그것이 무엇인지 알 수 있을까?(결정가능), 이 마블을 상자에 넣었는데 어느 구멍을 사용했을까?(결정가능), 혹은 이 스틱을 상자에 넣었는데 어느 구멍을 사용했을까?(결정불가능)와 같은 질문이다. Pieraut-Le Bonniec(1980)의 연구에 의하면, 구체적(pragmatic) 과제에서는 6-7세 경에, 그리고 명제적(alethic) 과제에서는 10세 경에 되어서야 불확실성에 대한 통찰이 생긴다. 이러한 결과는 Piaget(1987)의 불확실성의 자각과 그것의 설명, 그리고 그것을 근거로 한 가설의 생성이 10세 경에 일어난다는 주장과 맥을 같이한다. Byrnes & Overton (1986)도 조건문과 같은 명제추론과제에서는 불확정성에 대한 지각이 5학년 경부터 비롯됨을 보였다. 그러나 단순하고 구체적인 인과추론문제에서의 불확실성의 지각은 훨씬 이전부터 가능함을 많은 연구들이 논증하고 있다(Ennis, 1971; O'Brien, 1972; O'Brien & Shapiro, 1968; Roberge, 1970; Roberge & Paulus 1971; Sternberg, 1979)

상자과제와 조건삼단논법과제는 논리적인 측면에서 보면 동가적이다. 즉, 두 과제는 모두 여러 개의 충분원인이 단일결과를 야기하는 데에서 불확실성이 생긴다. 그러나 조건삼단논법과제에서는 조건문을 구성하는 논항들을 상호 연결시키는 명제 표상에 의존하여야 하는 반면 상자과제에서는 사상을 표상할 필요가 없다는 차이가 존재한다. 달리 말하면, 상자과제에서는 여러 마블과 스틱과 같은 대안들이 명

시적(explicit)으로 주어지는 반면, 명제 추론 과제에서는 대안들이 단지 암묵적(implicit)으로만 주어진다.

그렇다면, 만약 대안들이 명시적으로 주어지지만 한다면, 명제추론에서도 아동이 잘 할 수 있을까? 이 대답을 Romain, Connell, & Braine(1981)에서 찾아볼 수 있을 것이다. 그들의 연구는 '잔디를 깎으면 5불을 준다'와 같은 전통적인 단일조건문집단 외에 잔디를 깎으면 5불을 준다' 및 '나뭇가지를 치면 5불을 준다'와 같은 두 개의 조건문을 들은 확장조건문 집단을 비교하는 것이었다. 두 개의 조건문은 결합되어 '잔디를 깎거나 나뭇가지를 치면 5불을 받는다'가 될 것이다. 단일조건문 집단에서는 '잔디를 깎지 않으면 5불을 주지 않는다', 또는 '5불을 받지 않았으므로 잔디를 깎지 않았다'와 같은 DA와 AC 판단에서 10세 아동도 높은 오류를 범하였다. 그러나, 5불을 벌 수 있는 다른 대안이 명시적으로 주어짐으로써 5불을 받은 것이 무엇에 의한 것인지 결정불가능 할 경우에는 7세 아동도 전전부정의 오류 및 후건공정의 오류를 적게 보였던 것이다.

반응편중(response bias): 성급한 종결이 결정불가능에 대해 미숙함을 의미하는가? 이러한 의문은 아동이 "알 수 없다"라는 말이 다양한 의미로 쓰일 뿐만 아니라 그런 대답을 잘 하지 않으려는 경향이 있다는 반응편중(response bias)에 비추어보면 근거가 있다고 하겠다. 반응편중이란 알 수 없다는 대답을 좀처럼 하지 않으려는 경향을 말한다. 답을 알 수 없는 경우는 정보의 부재와 더불어 능력 부재에서도 기인하기 때문에, "알 수 없

다"는 말은 자신의 무지를 인정하는 것처럼 되어 선뜻 말하고 싶지 않을 것이다. 반응편중을 가져올 것으로 예상되는 또다른 이유는, 명백히 둘 이상의 답이 존재하는 상황에서 어느 것이 답인지를 묻게 되면, 아동을 그 상황을 추측하기놀이(guessing game)로 지각한다는 것이다. '알아 맞춰봐'와 같은 게임은 아동에게 매우 즐겁고 익숙한 놀이의 하나인데, 상대가 그런 놀이를 원할 때, '모르겠다(can't tell)'라고 말하는 것은 게임의 관례를 깨는 것이 될 수 있을 것이다. 한 연구에 의하면, 조건에 맞는 사례를 둘 이상 제 공함으로써 아동에게 애매한 상황에 직면하게 하면, 둘 중의 하나를 말하는 경향이 있었다(Flavell, Speer, Green, & August, 1981). 또, 조건에 맞는 사례가 둘 이상이 있는 경우 그 중의 하나만 대답해도 답이 되는 경우도 흔하다.

그렇다면, 반응편중에 의한 오류반응경향을 제거하면 수행은 높아질 수 있는가? 반응편중효과를 배제하고 결정불가능을 다루려는 계열의 연구들이 취하는 연구전략으로는 (1)아동으로 하여금 여러 대안들의 확률을 평정하게 하거나(Horobin & Acredolo, 1989), (2)확실히 알 수 없는 상황에서는 모호성을 제거하기 위해서 활용가능한 정보를 참조하도록 함으로써 "알 수 없다"라는 답을 하지 않아도 되도록 만들었거나(Fabricious, Sophian, & Wellman, 1987), (3)확실히 알 수 없는 상황에서는 "추측을 한다"고 말하도록 훈련을 시켰다(Fay & Klahr, 1996). 각 계열에서 연구된 것들을 간단하게 살펴보면 다음과 같다.

확률과정 접근: Horobin과 Acredolo

(1989)는 7세, 9세, 그리고 12세 아동에게 여러 선택지를 주고 각각의 확률을 추정하게 하였다. 이 접근의 기본 가정은 아이들이 두 가지 이상의 alternative가 참이라는 사실을 알고 있다는 것이다. 이들은 Pieraut-Le Bonniec(1980)의 두 구멍 Box과제를 세 구멍으로 확대하고, 공의 크기도 큰 것, 중간 것, 그리고 작은 것을 사용함으로써 완전결정가능과 완전결정불가능 외에 부분 결정가능의 사태가 있도록 변형하였다. 큰공에 관한 질문과 작은 구멍에 관한 질문은 완전 결정가능이며, 작은 공에 관한 질문과 큰 구멍에 관한 질문은 완전 결정불가능이지만, 중간 공과 중간 구멍에 관한 질문은 부분 결정가능이 된다. 아동들은 6개의 문제에 대한 전형적인 질문 외에 5점척도 확률을 추정하도록 하였다. 그 결과 전형적인 결정불가능 질문에 대해서는 7세, 9세, 그리고 12세가 각각 18%, 52%, 그리고 82%의 수행을 보임으로써 이전 연구들과 동일한 결과를 보여주었다. 하지만, 확률 추정에서는 7세 아동도 60%의 수행을 보였으며, 9세 및 12세의 수행은 각각 85%와 98%로 높은 수행을 보여주었다. 아동이 여러 대안들에 대한 확률추정을 정확하게 한다는 것은 두 개 이상의 대안이 존재하는 상황을 결정불가능으로 지각한다는 것을 입증하는 것이다(Acredolo, 1989; Acredolo & Horobin, 1987). 이들 연구는 늦어도 7세가 되면 결정불가능을 탐지한다는 것을 보여주고 있다.

연속적 정보추구 접근: '알 수 없다'라는 반응이 선뜻 내키지 않는 반응이라 한다면, 불충분한 정보로 인해 참조대상이 모호할 경우 새로운 정보를 열람하도록

함으로써 아동이 결정불가능을 탐지하는지, 또는 언제 결정불가능을 지각하는지를 알 수 있을 것이다. 예컨대, "Granny의 집에는 청색 의자가 있다. 어느 집이 Granny의 집일까?"와 같은 질문을 던질 경우, 여러 집중에서 오직 한 집만 청색 의자를 가지고 있다면 청색 의자는 충분한 정보를 제공한 것이다. 그러나 만약, 청색 의자를 가지고 있는 집이 두 집 이상이 된다면 청색 의자는 Granny의 집을 결정하기에 충분치 않다. Sommerville, Hadkinson, 그리고 Greenberg (1979)는 이러한 절차를 사용하여 아동의 결정불가능 발달을 연구하였다. 그 결과, 5세 아동은 두 청색 의자가 있는 경우, 아무 것이나 추측해서 답한 반면, 6세 아동은 오직 하나의 청색의자가 있는 경우만 Granny 집을 추론하려 하였다. 만약, 정보가 충분치 않다고 판단될 경우 집의 문을 열어 볼 수 있도록 하는 등의 추가적인 정보추구활동을 허락한다면 어떻게 될까? Fabricious, Sophian, 그리고 Wellman (1987)이 그러한 절차를 사용하였는데, 3세 아동도 추론에서의 논리적 필연성과 모호성에 대한 능력을 보여주고 있음을 발견하였다.

연속적 정보추구 접근은 '결정 불가능하다면 새로운 증거를 탐색한다'고 하는 일상생활과 과학에서 흔히 사용하는 평범하면서도 단순한 절차를 사용했다는 점을 지적해야 하겠다. 해결해야 할 문제가 생길 경우 사람들은 새로운 정보를 수집한다. 수집된 정보가 불확실성을 제거했는지를 평가한 다음, 그렇지 않다고 판단되면, 다시 새로운 정보를 탐색한다. 문제와 증거 사이의 이와 같은 순환과정은 과학적

사고의 전형이다(Lea & Simon, 1974).

확실-추측 변별화 접근: 반응편중에 대한 또다른 접근으로는 아동으로 하여금 '확실하게 안다'고 말할 상황과 '추측으로 안다'고 말할 상황을 분명하게 가르쳐 주는 것이다. 아동은 자신이 아는 것(Knowing)과 추측하는 것(guessing)을 잘 구분한다는 많은 증거가 있다(Moore, Bryant, & Furrow, 1989). Fay와 Klahr(1996)은 2-3개의 연습시행을 통해서 불확실한 상황에서 대답할 경우 아동 자신이 '추측으로 안다'고 말해야 한다는 점을 분명히 한 다음, 5-6세 아동을 대상으로 Pieraut-Le Bonniec(1980)의 상자과제를 다소 변형하여 실시하였다(실험 1). 이 실험의 결과는 5세 아동의 57%가 분명히 말할 수 있는 결정 가능한 상황과 추측해서 말할 수밖에 없는 결정 불가능하다한 상황을 잘 구분하였다. 이 결과는 5세 아동의 4%만이 결정불가능을 지각한 Pieraut-Le Bonniec(1980)의 결과와 대비된다. 대안의 수를 넷으로 늘린 실험 3, 및 대안의 수를 넷으로 늘리고 자료를 순차적으로 제시한 실험 2에서는 4세 아동도 결정불가능을 지각한다는 증거가 얻어졌다.

지금까지 반응편중효과와 관련하여 생각해 볼 수 있는 연구들의 결과를 보면, 반응편중경향을 효과적으로 제거하고 아동의 결정불가능 탐지 능력을 보면 4-5세 경의 아동도 결정가능과 결정불가능을 잘 구분함을 보여준다. 그러므로 여러 대안들이 명시적으로 주어지고, 반응편중을 효과적으로 제거한다면 4-5세 경의 아동도 경합성 결정불가능을 잘 탐지할 수 있음을 알 수 있다.

정체성 결정불가능의 발달

지금까지 우리는 경합성 결정불가능의 발달과 이에 영향을 미치는 요인들을 살펴보았다. 경합성 결정불가능은 둘 또는 그 이상의 대안들이 동등한 지위에 있을 때 예상되는 것인 반면, 결정불가능의 또 다른 경우인 정체성 결정불가능은 미확인 대안으로부터 비롯된다는 것을 이미 언급하였다. 미확인 대안은 이론과 증거 사이를 순환하는 과학적 사고과정에서 흔히 관찰된다. 과학적 사고의 과정이란 규칙과 사례(Simon, & Lea 1974, 그림 1 참조), 이론과 증거(Kuhn, Amsel, & O'Loughlin, 1988) 사이를 순환하는 과정, 또는 가설공간과 실험공간을 탐색하는 2공간탐색(Klahr, Fay, & Dunbar, 1993)에 의해서 모형화할 수 있다.

과학적 사고의 순환과정에서 정체성 결정불가능을 다룬 연구가 Fay & Klahr(1996)이다. 그들은 Pieraut-Le Bonniec(1980)의 상자과제를 몇 가지

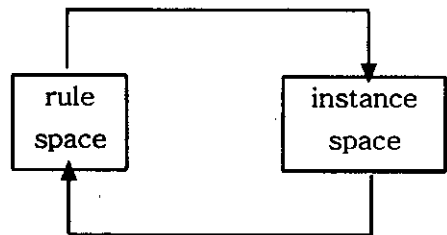


그림 1. Simon & Lea (1974)에 의한 2공간탐색모형

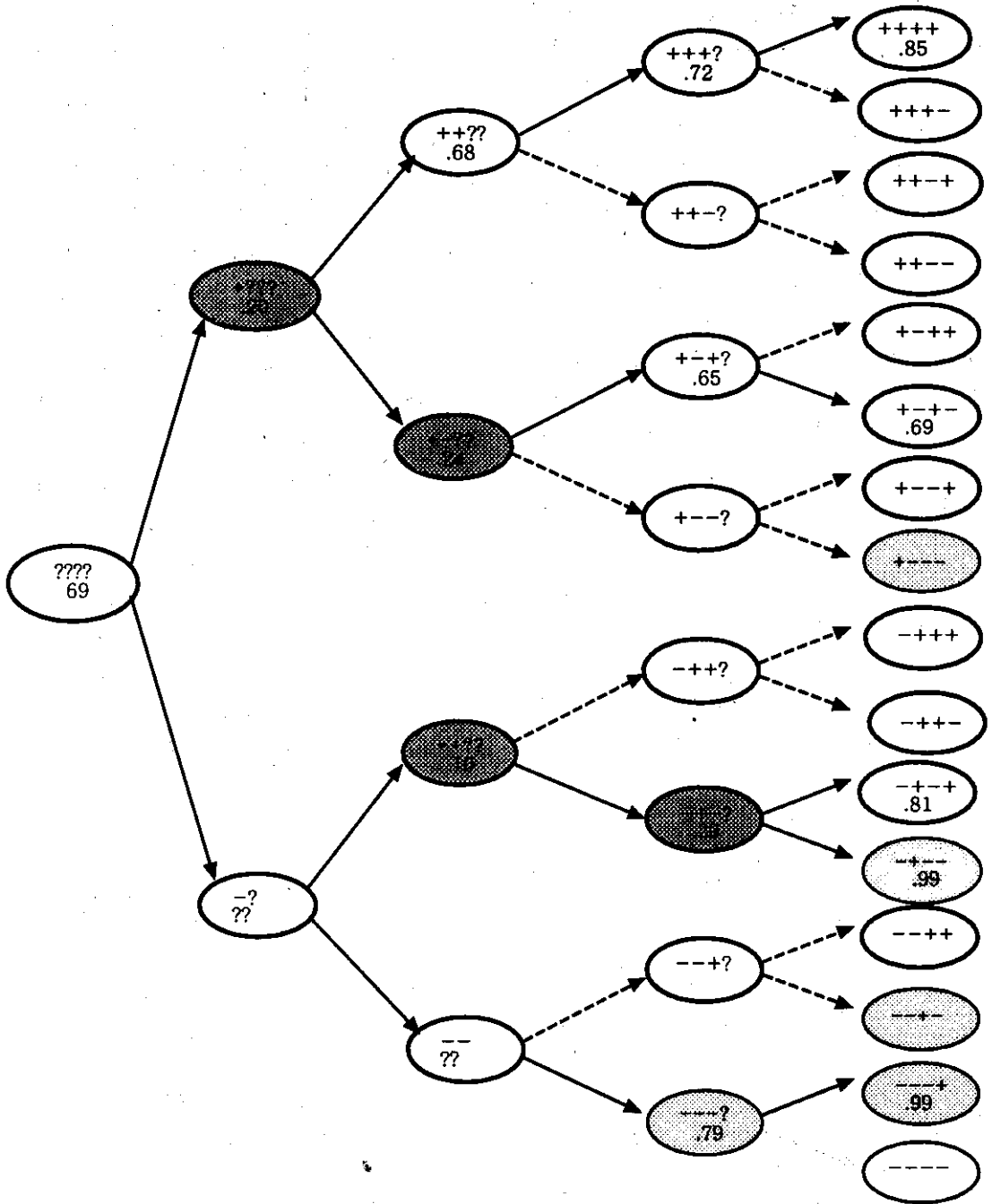


그림 2. 자료유형의 추이에 따른 정반응의 변화.

(-:부적사례, +:정적사례, ?:미확인사례임. 짙은 색 부분이 정적 포착 Fay & Klahr (1996)의 결과를 재구성한 것임).

점에서 변형시켰다. 아동에게 네 개의 상자와 하나의 파란 구슬이 제시되었는데 아동이 해야 할 일은 그 중의 어느 상자에서 파란 구슬이 나왔는지를 추론하는 것이었다. 최초에 네 박스는 모두 닫혀있었으며, 한 상자 속에는 오직 한 종류의 구슬이 들어있다는 것을 분명히 알려주었다. 그런 다음 한 상자씩 차례로 열어 보이면서 어느 박스에서 목표구슬이 나왔는지를 판단하도록 요구하였다. 상자 속에 있는 구슬의 색깔은 목표구슬의 색깔과 같을 수도 있고(정적 대안: +로 표기함) 다를 수도 있으며(부적 대안: -로 표기함), 일부의 상자는 아직 확인되지 않은 것(미확인 대안: ?로 표기함)도 있었기 때문에 다양한 증거유형이 가능하다. $-+??$ 은 증거유형의 하나로서 첫 번째 상자는 파란 구슬이 아닌 다른 구슬이 들어있는 부적 사례이며 둘째 상자는 파란 구슬이 들어있는 정적 사례, 그리고 다른 두 상자는 아직 확인되지 않은 상자임을 나타낸다. 아동의 반응은 '확실하게 안다'와 '추측으로 안다' 중의 하나를 택해서 답하도록 훈련하였다. 각 증거유형에서의 수행이 그림 2에 제시되어 있다. 그림 2에서 보면, 모든 경합성 결정불가능에서의 수행은 정도의 차이는 있지만 대단히 높았으며, 이는 다음에 설명하게 될 정적 포착에서의 수행과는 전혀 달랐다.

정적 포착(positive capture) 아동들은 $+++?$ 과 같이 둘 이상의 정적사례가 포함되거나, $-???$ 처럼 정적 사례가 없이 미확인사례들이 다수 포함된 경합적 결정불가능 자료에서는 매우 높은 수행을 보였다. 이 결과는 이전의 다른 결과와 잘 어울린다. 그러나 아동들은 $-+??$, $+ -??$,

또는 $-+-?$ 와 같이 오직 하나의 정적사례와 하나 이상의 미확인사례가 포함된 특정한 결정불가능 자료에서는 매우 낮은 수행을 보였다. 이와 같은 현상은 결정불가능탐지에 매우 능숙한 아동에게서는 기대하기 어려운 것으로서 Fay와 Klahr (1996)는 이 경향을 정적 포착(positive capture)라고 불렀다. 정적 포착이 갖는 의미는 자료가 연속적으로 주어지는 상황에서 어떤 시점에서 오직 하나의 정적 대안이 발견되면 미확인 대안들이 있어 아직 결정이 불가능함에도 불구하고 서둘러 종결짓는다는 것이다. 이러한 현상은 이미 언급한 성급한 종결(premature closure)의 하나로 볼 수도 있겠으나 다음과 같은 두 가지 점에서 분명히 다르다

첫째, '성급한 종결'은, 지금까지의 연구들을 살펴보면, 경합성 결정불가능 상황에서의 아동의 판단과 관련되지만 '정적 포착'은 미확인 대안이 포함되는 정체성 결정불가능과 관련된다. 정적 포착은 정체성 결정불가능 중에서도 오직 특수한 자료유형에서만 관찰된다. 즉, 정적 포착의 오류는 미확인 사례와 관련 있지만 미확인 사례의 수와는 무관하였으며, 부적 사례의 수와도 관계가 없었다. 정적 포착이 일어나는 경우는 오직 하나의 정적 사례와 하나 이상의 미확인 사례가 있는 경우만 관찰되었다. 둘째, 경합성 결정불가능은 능숙하게 탐지하는 아동들도 쉽게 정적 포착의 오류를 범하였다. 이같은 특성들은 정체성 결정불가능이 경합성 결정불가능과 근본적으로 다른 기제일 가능성을 시사하고 있다.

정적 포착이 어떻게 해서 일어나는가? 아동의 비체계적인 시각탐색이 자극배열

을 정확하게 부호화하지 않아서 정적 포착이 일어났을 가능성이 있다. 아동이 정적 포착을 보일 때 '다른 상자(미확인 상자)'에서도 이 색깔의 구슬을 꺼낼 수 있을까?'와 같은 질문을 던짐으로써 간접적으로나마 이 가설을 확인해볼 수 있을 것이다.

정적포착이 일어나는 다른 이유로서 아동이 인과추론에서 상정할 수 있는 인과 모형(causal model)을 생각해 볼 수 있을 것이다. Wardman(1996)의 연구, 그리고 Kuhn, Aamsel, 및 O'Loughlin(1988)의 연구에 의하면 사람들은 단순히 자료만 의존해서 아래서 위로의 인과추론을 하는 것은 아니고 추론자가 가진 사전지식이 위에서 아래로 관여한다. 사전 지식은 특히 자료가 불충분할 때 더 강력히 관여할 것으로 예상된다. 권오식(1994)은 다수의 사상들이 인과적으로 관련되는 상황에서는 아동이 선행사상과 후속사상이 일 대 일로 대응된다는 인과모형을 설정한 후 인과추론을 한다는 증거를 얻었다. 일 대 일 대응 모형 하에서는 오직 하나의 답만이 존재하기 때문에 최초의 정적 사례가 발견되면 더 이상의 탐색은 필요 없게 된다. 상자과제에서도 마찬가지로 아동은 '각 상자는 서로 다른 색깔의 구슬을 가지고 있다'고 하는 전제를 가지고 추론에 임하는 것으로 보이지만 이를 입증할 증거는 아직 없다. 앞으로 이 방면의 연구가 필요하다고 하겠다.

정적 포착 현상은 많이 연구되지 않았지만 이와 유사한 현상으로서 동물과 인간을 대상으로 한 차폐 연구(Kamin, 1969; Dickinson, Shanks, & Evenden, 1984), 및 사회적 상황에서 관찰되는 절

감효과(Kelley, 1972) 등을 관련지어 생각해 볼 수 있다. 차폐현상과 절감효과는 공통적으로 둘 이상의 대안이 존재하는 상황에서 먼저 결과를 충분히 예측하거나 설명할 수 있는 대안이 제시되면 이후에 뒤따르는 다른 대안들은 무시되거나 평가절하되는데 이것은 정적포착의 구조와 대단히 유사하다. 정적 포착이 일어나는 이유, 그리고 정적 포착에서 벗어나는 시기 및 그 관련변인들을 구명함으로써 결정불가능의 발달에 관한 새로운 지식을 확대해 나갈 수 있을 것으로 기대된다.

결론

과학적 추리의 관점에서 보았을 때 결정불가능의 지각은 새로운 탐구를 촉발한다는 점에서 대단히 중요하다(Fay & Klahr, 1996). 결정불가능은 근본적으로 불충분한 증거나 정보에 의해 야기되는 것이지만, 자료의 유형에 따라 경합성 결정불가능과 정체성 결정불가능으로 구분할 수 있다. 경합성 결정불가능의 발달에 관한 연구는 형식적 추론능력의 발달과 관련하여 비교적 많이 다루어졌다. 경합성 결정불가능의 발달을 다룬 연구들은 Pieraut-Le Bonniec(1980)에서 볼 수 있듯이 불충분하거나 애매한 정보로 인해 논리적으로 둘 이상의 답이 존재하는 상황을 설정한다. 이런 경우 아동은 흔히 성급한 종결(premature closure)을 보여 주는데, 그 경향은 명제적 과제와 구체적 과제로 제시될 때 현저한 차이를 보였다. 명제적 과제와 구체적 과제간의 대비되는 차이의 하나는 명제적 과제가 대안들이 암묵적으로만 제시되는 반면, 구체적 과

제는 대안들이 명시적으로 제시된다는 점이다. Somerville과 그 동료들(1979)은 명제적 과제에서 대안들을 명확히 해 줌으로써 아동들의 결정불가능 판단 수행을 현저하게 증가시켰는데, 이 연구들이 시사하는 바는 인지발달이 "명시적으로 주어진 것에 대한 사고로부터 암묵적으로 주어진 것으로의 사고"에로의 발달이라는 것이다.

경합성 결정불가능과 관련된 다른 연구들로는, '모르겠다'라는 반응과 관련된 반응편중경향을 제거한 후의 수행을 보는 것이다. 여기에는 불확실한 상황에서 여러 대안들의 확률을 평정하게 하거나, 새로운 증거를 탐색하게 하거나, 또는 '확실히 안다'와 '추측해서 안다'를 분명히 구분해서 대답하도록 하면 4-5세 경의 아동들도 결정불가능을 잘 탐지하고 있음을 보여주었다. 경합성 결정불가능의 발달에 관한 연구들은 대안이 분명하고 반응편중을 적절히 통제하면 4-5세 아동도 높은 수행을 보인다는 결론으로 수렴한다.

정체성 결정불가능과 관련된 연구들은 아직 많지 않다. Fay와 Klahr(1996)의 연구는 4-5세 경의 아동도 미확인에 의한 결정불가능에 관해서 불확실성을 잘 탐지하였다. 그러나, 오직 하나의 정적 사례와 하나 이상의 미확인 사례로 구성되는 특정한 증거유형의 경우 대부분의 아동이 정적 포착의 오류를 범하였다. 정적 포착은 동물과 인간에게서 발견되는 차폐(Kamin, 1969, Dickinson, Shanks, & Evenden, 1984) 및 절감(Kelley, 1972) 등과 같은 구조를 지니지만 어째서 정적 포착이 일어나는지는 아직 확실하지 않다. 정적 포착이 일어나는 이유로

서 아동이 인과추론과정에서 암묵적으로 상정하는 선행사상-후속사상 간의 일대일 대응모형(권오식, 1994)은 하나의 가능한 설명이 될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 권오식 (1994). 아동의 공변추론능력의 발달: 공부존정보의 활용을 중심으로. 미발표 박사학위논문.
- 권오식 (1998). 학령전 아동의 결정불가능의 이해. 한국심리학회지: 발달, 출판중
- Acredolo, C. (1989). Assessing children's understanding of time, speed and distance interrelations. In I. Levin & D. Zakay (Eds.), *Psychological time: A lifespan perspective* (pp. 219-257). North-Holland: Elsevier.
- Acredolo, C., & Horobin, K. (1987). Development of relational reasoning and avoidance of premature closure. *Developmental Psychology*, 23(1), 13-21.
- Bindra, D., Clarke, K. A., & Shultz, T. R. (1980). Understanding predictive relations of necessity and sufficiency in formally equivalent "causal" and "logical" problems. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 422-443.
- Braine, M. (1978). On the relation between the natural logic of reasoning and standard logic.

- Psychological Review*, 85(1), 1-21.
- Braine, M. D. S., & Rumain, B. (1983). Logical reasoning. In J. H. Flavell & E.M. Markman(Eds.), P. H. Mussen (Series Ed.), *Handbook of child psychology: Vol. 3 Cognitive development* (pp. 263-340). New York: Wiley.
- Byrnes, J. P., & Overton, W. F. (1986). Reasoning about certainty and uncertainty in concrete, causal, and propositional contexts. *Developmental Psychology*, 22(6), 793-799.
- Dickinson, A., Shanks, D. R., & Evenden, J. (1984). Judgement of act-outcome contingency: The role of selective attribution. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 29-50.
- Ennis, R. H. (1971). Conditional logic and primary children. *Interchange*, 2, 126-132.
- Fabricsius, W. V., Sophian, C., & Wellman, H. M. (1987). Young children's sensitivity to logical necessity in their inferential search behavior. *Child Development*, 58, 409-423.
- Fay, A. L., & Klahr, D. (1996). Knowing about guessing and guessing about knowing : Preschoolers's understanding of indeterminacy. *Child Development*, 67, 689-716.
- Flavell, Speer, Green, & August (1981). Geis, M., & Zwicky, A. M. (1971). On invited inferences. *Linguistic Inquiry*, 2, 561-566.
- Horobin, K., & Acredolo, C. (1989). The impact of probability judgements on reasoning about multiple possibilities. *Child Development*, 60, 183-200.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.,
- Kamin, L. J. (1969). Predictability, surprise, attention, and conditioning. In B. A. Campbell & R. M. Church (Eds.), *Punishment and aversive behavior* (pp. 276-296). New York: Appleton-Century -Crofts.
- Kelley, H. H. (1972). Causal schemata and the attribution process. In E. E. Jones, D. E. Kanouse, H. H. Kelley, R. E. Nisbett, S. Valins, & B. Winer (Eds.) *Attribution: Perceiving the cause of behavior*. Morristown, N.J.: General Learning Press.
- Klahr, D., Fay, A. L., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A Developmental study. *Cognitive Psychology* 25, 111-146
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M (1988) *The development of scientific thinking skills*, Orlando, FL: Academic Press
- Lunzer, E. A. (1973). The development of formal reasoning: Some recent experiments and their implications. In K. Frey & M. Lang(Eds.), *Cognitive processes and science instruction*(pp. 212-245). New York: Springer-Verlag.

- Lunzer, E. A. (1978). Formal reasoning: A reappraisal. In B. Z. Presseisen, D. Goldstein, & M. H. Appel (Eds.), *Topics in cognitive development: Vol. 2. Language and operational thought* (pp. 47-76). New York: Plenum.
- Moore, C., Bryant, D., & Furrow, D. (1989). Mental terms and the development of certainty. *Child Development*, 60, 167-171.
- O'Brien, T. C. (1972). Logical thinking in adolescence. *Educational Studies in Mathematics*, 4, 401-405.
- O'Brien, T. C., & Shapiro, B. J. (1968). The development of logical thinking in children. *American Educational Research Journal*, 5, 531-542..
- Piaget, J. (1987). Possibility and necessity: *Vol. 1. The role of possibility in cognitive development*. Minneapolis: University of Minesota Press.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1975). *The origin of the idea of chance in children*. New York: Norton.
- Pieraut-Le Bonniec, G. (1980). *The development of modal reasoning: The genesis of necessity and possibility notions*. New York: Academic Press.
- Roberge, J. J. (1970). A study of children's ability to reason with basic principles of deductive reasoning. *American Educational Research Journal*, 7, 583-596.
- Roberge, J. J., & Paulus, D. H. (1971). Developmental patterns for children's class and conditional reasoning abilities. *Developmental Psychology*, 4(2) 191-200.
- Rumain, B., Connell, J., & Braine, M.D.S. (1981). Conversational comprehension processes are responsible for reasoning fallacies in children as well as adults: If is not the biconditional. *Developmental Psychology*, 19, 471-481.
- Simon, & Lea, G., H. (1974). Problem solving and rule induction: A unified view. In L. W. Gregg (Ed.), *Knowledge and cognition*, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Somerville, S. C., Hadkinson, B. A., & Greenberg, C. (1979). Two levels of inferential behavior in young children. *Child Development*, 50, 119-131.
- Sternberg, R. J. (1979). Developmental patterns in the encoding and combination of logical connectives. *Journal of Experimental Child Psychology*, 28, 469-498.
- Vurpillot, E. (1966). The development of scanning strategies and their relation to visual differentiation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 6, 632-650.
- Waldman, M. R.. (1996). Knowledge-based causal induction. In D. R. Shanks, D. L. Medin, & K. J. Holyoak (eds.) *Causal learning*. San Diego, CA: Academic Press

Two Types of Indeterminacy and their development

Oh-Seek Kwon

Department of Child studies
Inje University

Kwon, Oh-Seek. *Two types of indeterminacy and their development*. The Korean Journal of the Human Development, 1998, 5, 18-31. This study suggest that the indeterminacy, which is frequent in inference, problem-solving, causal inference, and scientific reasoning, can be differentiated into two different types: Competitive indeterminacy vs. Identity indeterminacy, and summarize the developmental trends of the two and their relating factors. Competitive indeterminacy stems from equivalent class, whereas identity indeterminacy stems from unidentified alternatives. Even the 5-years old child can detect the competitive indeterminacy when we (1) clarify the alternatives explicitly, and (2) control out the response bias. Identity indeterminacy, however, seem to have quite different developmental mechanism because even adults is not free from positive capture, which is a kind of identity indeterminacy. Some further studies were also suggested.

Key words: cognitive development · scientific reasoning · indeterminacy · evidence pattern · competitive indeterminacy · identity indeterminacy · positive capture