

자극노출시간에 따른 좌, 우 시야 간 생물형 운동 지각의 차이*

김 제 중[†]

덕성여자대학교 심리학과

생물형 운동(biological motion)지각에 관여하는 핵심 영역의 하나인 후상측두구(pSTS)의 활동이 우반구에서 특히 활발하다는 뇌 영상 연구결과들이 다수 존재한다. 최근 연구에서 좌, 우 시야 각각에 제시된 생물형 운동자극에 대해 좌측시야에 대한 반응시간이 더 짧고 정확도도 높은 결과가 있었고, 이 결과는 우반구에 측화된 pSTS활동의 지각적 상관 현상으로 생각되었다. 그러나 다른 선행연구들에서는 생물형 운동지각에 대한 특정 시야의 우세성은 관찰되지 않았다. 본 연구에서는 상반된 결과들에 대한 주요인을 자극의 제시시간 차이로 보고, 150ms에서 600ms에 걸치는 다양한 자극시간을 이용해 좌, 우 시야에 제시된 생물형 운동에 대한 정확도와 반응시간을 측정하였다. 실험 결과, 자극의 제시시간이 짧은 경우 (300ms) 좌측 시야에 제시된 생물형 운동에 대해 우측 시야에 비해 더 빠른 반응과 함께 높은 정확도가 관찰되었고, 150ms조건에서도 유사한 결과가 나타났다. 그러나 상대적으로 긴 자극제시시간 조건(450ms 및 600ms)에서는 특정 시야 우세성이 나타나지 않았고, 비생물형 운동 시행에서는 모든 자극제시시간 조건에 걸쳐 좌, 우 시야 간 수행차이가 없었다. 이 결과는 생물형 운동 지각의 특정시야 우세성이 자극제시시간에 따라 달라질 수 있다는 점에서 선행연구들의 결과를 설명할 수 있으며, pSTS 영역 활동의 기능적인 특성이 반영된 것으로 생각된다.

주제어: 생물형 운동, 시야, 지각, 상측두구, 자극제시시간

* 본 연구는 덕성여자대학교 2014년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음(과제번호 3000002283).

† 교신저자: 김제중, 덕성여자대학교 심리학과, (132-714) 서울특별시 도봉구 삼양로 144길 33

E-mail: jejoong@duksung.ac.kr

인간을 비롯한 유기체의 특징적인 움직임을 나타내는 생물형 운동(biological motion, 이하 BM)은 매우 신속하고 정확하게 지각처리가 되는 특징을 가지고 있다. 이러한 특징은 신체 주요 관절 위치를 표시하는 약 10여개의 점광(point-light)운동 시각자극(Johansson, 1973)을 사용한 다수의 연구들에서 관찰되어 왔다. 밝혀진 주요 특징들로는, 즉각적인 재인이 가능하며 방해자극 속에서도 높은 정확도로 탐지된다는 것과(Bertenthal & Pinto, 1994; Cutting, Moore, & Morrison, 1988; Kim, Park, & Blake, 2011; Neri, Morrone, & Burr, 1998), 자극 속에 내포된 성별, 정서 및 기분상태와 같은 사회적 정보의 처리도 일어난다는 점(Dittrich, Troscianko, Lea, & Morgan, 1996; Loula, Prasad, Harber, & Shiffrar, 2005; Mather & Murdoch, 1994; Troje, 2002)을 들 수 있다. BM지각의 신경학적 기제를 밝히기 위해 수행된 뇌영상 연구들은 핵심 관련 영역으로 후상측두구(posterior superior temporal sulcus, 이하 pSTS)를 지목해왔다(김재중, 2012; Blake & Shiffrar, 2007, 개관논문). pSTS외에도 복측시각경로상의 방추회(fusiform gyrus) 및 하측두구(inferior temporal sulcus)영역이 생물형 운동¹⁾ 및 형태에

반응하며(Beauchamp, Lee, Haxby, & Martin, 2003; Bonda, Petrides, Ostry, & Evans, 1996; Grossman, Jardine, & Pyles, 2010), 전두엽의 복측전운동피질(ventral premotor cortex), 하전두회(inferior frontal gyrus) 등이 BM 선택적 활동을 보이는 것으로 밝혀졌다(Gilaie-Dotan, Kanai, Bahrami, Rees, & Saygin, 2013; Kim, 2014; Santi, Servos, Vatikiotis-Bateson, Kuratate, & Munhall, 2003; Saygin, 2007). 시각피질에 가까운 pSTS 영역은 복측 및 배측시각경로로부터 입력을 받는 것과 함께 사회인지과정에 관련된 정보를 부분적으로 담당하는 것으로 생각되며(Grossman, Donnelly, Price, Pickens, Morgan, et al., 2000; Weed, McGregor, Nielsen, Roepstroff, & Frith, 2010), 전두엽의 영역들은 단순 운동정보 뿐 아니라 행위의 의도 및 표상에 근거한 처리를 수행하는 것으로 보인다(Binkofski & Buccino, 2006; Harrington, Siegert, & McClure, 2005; Pineda, 2008; Rizzolatti & Craighero, 2004).

BM지각과 관련, pSTS영역이 보이는 특징 중 하나는 다른 영역들과는 달리 우반구의 활동이 좌반구에 비해 우세하다는 점이다. 예외가 있으나, 대부분의 뇌영상 연구들에서 BM자극에 대해 우반구 pSTS의 선택적 활동이 관찰되었다(Beauchamp et al., 2003; Bonda et al., 1996; Grezès, Costes, & Decety, 1998; Grezès, Fonlupt, Bertenthal, Delon-Martin, Segebarth et al., 2001; Grossman & Blake, 2001; Grossman et al., 2000; Grossman, Battelli, & Pascual-Leone, 2005; Kim et al., 2011; Michels, Kleisler, de Lussanet, Seitz, & Lappe, 2009; Pelphrey, Mitchell, McKeown, Goldstein, Allison et al., 2003; Peuskens, Vanrie, Verfaillie, & Orban, 2005; Puce,

1) Biological motion은 ‘생물학적 운동’, ‘생물성 움직임’, ‘생물체 움직임’ 등으로 번역되어 왔으나, 본 논문에서는 ‘biological’을 생물의 움직임을 그대로 나타낸다고 보다는 단순화시킨 묘사 내지 묘사한다는 의미로 해석하여 ‘생물형’으로 번역하였다. 또한 motion은 ‘움직임(movement)’보다 ‘운동’으로 번역하는 것이 더 적절하다고 판단하여 biological motion을 ‘생물형 운동’으로 번역하였다. ‘생물형 운동’은 최근 다른 연구자의 연구 논문(Kim, Grossman, & Blake, 2013)에서도 채택되어 사용된 바 있다.

Allison, Bentin, Gore, & McCarthy, 1998; Santi et al., 2003; Wheaton, Thompson, Syngeniotis, Abbott, & Puce, 2004). pSTS의 우반구 우세성은 BM자극이 중앙 시야 뿐 아니라 좌측 시야에 제시되어 좌반구가 일차적인 시각입력을 받는 상황에서도 관찰된 바 있다(Michels et al., 2009). 이 특징에 대해 선행연구들은 ‘우반구 pSTS가 BM지각에 관여한다’는 기술적인 결론을 내리고 있으나, 왜 다른 BM관련 영역들과 달리 우반구 우세현상이 관찰되는지에 대한 연구는 거의 이루어진 바 없다.

좌, 우 시야에 제시된 BM 및 비BM자극 간의 변별과제를 이용한 최근 연구(Kim, 2013)에서는 우반구 pSTS의 우세한 활동이 신속하고 정확한 BM처리와 관련이 되어 있다면 대측(contralateral)입력의 비중이 큰 좌측 주변시야에 제시된 BM자극에 대해 더 빠른 반응시간이 기록될 것이라 가정하였다. 결과는 예측대로 좌측 시야에서의 BM자극에 대한 반응시간이 우측시야에 비해 더 빨랐으며, 정확도 역시 더 높다는 것이었다. 이 결과는 BM자극에 대해서만 관찰되었기 때문에 pSTS활동의 우반구 측화와 관련이 있을 것으로 생각되었다. 그러나, 이와 유사하게 주변시야에 BM자극을 제시한 더 이전의 연구들(Bradshaw, Nettleton, Wilson, & Nathan, 1984; de Lussanet, Fadiga, Michels, Seitz, Kleiser, & Lappe, 2008; Michels et al., 2009)에서는 좌, 우 시야 간의 수행차이가 관찰되지 않았기 때문에, 특정 시야에 대한 BM지각 우세 여부는 유보적이다. Bradshaw 등(1984)은 다양한 동작의 BM을 화면중심으로부터 약 5~6° 거리의 좌, 우 시야에 제시하고, 실험참가자가 BM행위자(actor)의 성별을 판별

하도록 했는데, 판별의 정확도 및 변별민감도에서의 시야 간 차이는 관찰되지 않았다. de Lussanet 등(2008)은 걷는 동작의 BM자극을 중앙으로부터 좌, 우 20° 위치에 제시하고 BM의 방향(facing direction)을 판별하는 과제를 실행하였다. 이 연구에서는 오른쪽으로 향한 BM은 우측시야에서, 왼쪽으로 향한 BM은 좌측시야에서 지각이 더 잘되는 흥미로운 결과가 관찰되었고, 이는 방추회(fusiform gyrus)의 기능과 관련이 있을 것으로 생각되었으나(Michels et al., 2009) 좌, 우 시야 간의 수행차이는 관찰되지 않았다.

연구결과들 간의 이러한 차이에 대해, 각 실험에서 사용된 과제들 간의 비교를 해볼 필요가 있다. 각 실험에 따라 자극은 걷는 동작만 사용되거나(de Lussanet et al., 2008; Michels et al., 2009) 또는 다양한 동작(Bradshaw et al., 1984; Kim, 2013)이 사용되었고, 시야 중앙으로부터의 이심도(eccentricity) 역시 약 6~20°로 다양하였다. 그러나 이들 변인으로는 서로 다른 결과가 설명되지 못한다. 예를 들어 서로 다른 결과를 보인 Bradshaw 등(1984)의 실험과 Kim(2013)의 실험은 다양한 동작을 제시했다는 점에서 공통점을 가지며, 시야 간 차이가 없다는 결과를 보고한 연구들(Bradshaw et al., 1984; de Lussanet et al., 2008)간에 이심도 차이가 크기 때문이다. 따라서 동작종류 및 이심도를 제외하고, 가장 중요한 변인은 자극의 노출시간으로 생각된다. 좌, 우 시야 간 차이가 없었던 실험들에서는 자극노출시간이 800ms(de Lussanet et al., 2008, Michels et al., 2009) 또는 참가자의 반응까지(Bradshaw et al., 1984)로 길게 제시되었던 반면, 좌시야의 우세

현상이 관찰된 Kim(2013)의 실험에서는 300ms로 짧았다. 자연 상태에서 특정 시야에 매우 짧은 순간 동안 생물의 움직임에 노출되는 상황이 흔하지는 않다는 점을 고려해보면, 좌측 시야에 제시된 BM처리의 우세성은 운동정보 및 형태정보가 충분히 주어지지 않는 상황에서 나타나는 특징일 가능성이 있다. pSTS와의 관련성을 생각해본다면, 점광으로 구성된 BM 자극은 형태정보가 최소화되어 있으나 BM 움직임 속에서 형태정보를 추출하는 것은 어렵지 않다는 점과(Lange & Lappe, 2006), pSTS는 배측(어디)경로(dorsal pathway 또는 “where” pathway)와 복측(무엇)경로(ventral pathway 또는 “what” pathway)의 두 시각 경로로부터 모두 입력을 받는다는 점을 고려해볼 수 있을 것이다. 즉, 자극제시 시간이 짧은 경우 제한된 운동정보 때문에 복측경로에서의 형태정보 비중이 클 것이고, 자극제시 시간이 길어진다면 상대적으로 운동정보(배측경로)의 가용성이 높아질 것이기 때문에, 결과적으로 자극제시 시간에 따라 사용가능한 정보의 종류와 비중이 달라져 처리의 기제가 변화할 가능성이 있다. Thurman 등의 최근연구(Thurman, Giese, & Grossman, 2010)에서는 정신물리학적 자료와, Giese와 Poggio(2003)의 BM처리 모델을 기반으로 한 시뮬레이션을 통해, 약 200~300ms를 기준으로 자극노출이 짧을 때는 형태정보가, 더 길 때는 운동정보가 BM처리에 더 중요할 것이라고 주장한 바가 있다.

이상의 개관 및 논의를 바탕으로 본 연구에서는 점광 BM 자극 및 비BM자극의 제시시간을 짧게 또는 길게 제시한 후, 시야간의 수행 차이를 관찰함으로써 상반된 결과를 보고한

선행연구들에 대한 설명을 시도하고자 하였고, 지각적으로 제한된 상황에서 나타나는 BM지각의 특징과 pSTS의 우반구 활동 우세 간의 관련성을 추론해보고자 하였다. Kim (2013)의 실험에서 관찰된 BM처리의 좌측시야 우세성 효과는 300ms이하의 자극노출시간에 한정되고, 그 이상에서는 좌, 우 시야 간의 차이는 사라질 것으로 예상되었다.

방 법

참가자 정상 시력 또는 정상 교정시력을 가진 학부생 및 대학원생 14명(남 3, 여 11)이 본 실험에 참여하였다. 참가자의 평균 연령은 28.8세(표준편차 6.02)로 연령 범위는 24에서 43세까지였다.

자극

생물형 운동(BM)자극. 점광 BM자극이 23인치 LCD 모니터(알파스캔 IPS23LED)상에 제시되었고, 실험절차는 MATLAB(Mathwork Inc., 미국) 및 Psychtoolbox(Brainard, 1997; Pelli, 1997)를 구동하는 컴퓨터(Macbook Pro, Apple, 미국)에 의해 통제되었다. 각 BM자극은 12개의 검정색 점으로 구성되어 백색의 배경화면에 나타났다. BM의 동작은 총 22가지로, 걷기, 달리기, 던지기 및 발차기의 동작 범주로 묶일 수 있었고, 각 개별 동작마다 좌우 반전된 동작을 더하여 총 44개의 자극이 사용되었다. 각 점의 크기는 6 arc min이었고, 운동속도는 초당 약 4°였다. 각 자극은 시야각 4°×6°의 가상적인 사각형 범위 중앙에 제시되었고, 모니터와 참가자간 거리는 친레스트(chinrest)를 이

용하여 57cm를 유지하였다.

비생물형 운동(PSM)자극. BM자극과 함께 비교자극으로서 ‘짝지어 뒤섞인 운동(pairwise-shuffled motion, 이하 PSM)’이 제시되었다. 기존의 생물형 운동 연구들에서는 BM자극의 각 점 위치를 무선화한 스크램블 운동(scrambled motion, SM)이 비교자극으로서 널리 사용되어 왔으나, 최근에 고안된 PSM자극은 SM자극에 비해 생물형 움직임 고유의 국소 운동 정보를 더 잘 보존하는 동시에 전역 수준에서는 생물형 운동으로 지각되지 않는 장점을 가진 것으로 분석되었으며, 이에 대한 상세한 내용을 다룬 논문이 최근 발표되었다 (Kim, Jung, Lee & Blake, 2015). PSM자극을 생성하는 절차를 간략히 요약하면 다음과 같다. 먼저 BM자극의 12개 점을 신체 부위에 따라 두 개씩 짝지어 6개의 쌍(머리-고관, 좌-우 어깨, 왼 팔꿈치-왼 손목, 오른 팔꿈치-오른 손목, 왼 무릎-왼 발목, 오른 무릎-오른 발목)을 설정한다. 다음으

로 각각의 점이 20프레임에 걸쳐 움직이는 궤적을 계산하고 궤적상의 평균 위치를 얻는다. 그 다음, 6개의 신체 부위를 서로 맞바꾸되, 상반신(머리-고관, 어깨)부분은 팔, 다리가 있던 위치로, 또 각 팔, 다리 부위는 상반신이 있던 위치 또는 반대편의 팔, 다리 위치로 옮긴다. 이 과정에서 6개 신체부위 내의 점들이 서로 위치를 바꿀 때 각 점의 평균위치를 기준으로 삼는다(그림 1). 6개의 신체부위를 제약 없이 재배열할 경우, 총 경우의 수는 6!(720)가지이다. 이 가운데 앞서 언급한 제약 사항에 해당하는 경우를 모두 제외하게 되면 하나의 BM마다 80개의 PSM이 생성 가능하며, 이 가운데 무작위로 1개의 PSM이 매 시행 선택되었다.

절차 실험은 외부 조명이 차단된 공간에서 진행되었다. 각 시행이 시작되면 무작위로 선택된 BM자극 또는 PSM자극이 화면 중앙으로부터 좌 또는 우 10° 위치에 제시되었다. 자극

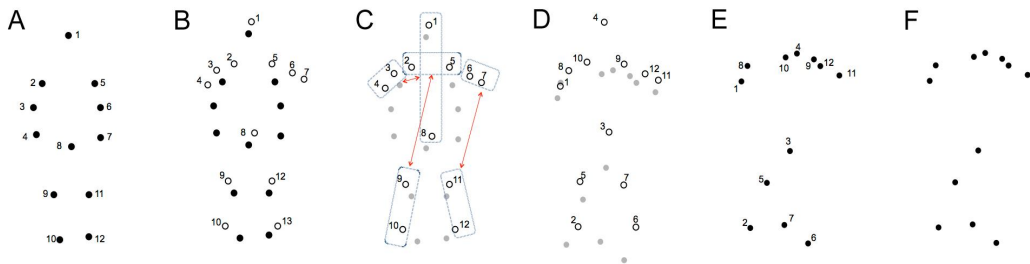


그림 1. 생물형 운동(BM)으로부터 Pairwise-shuffled motion(PSM)을 만드는 과정. A: 생물형운동(팔 벌려뛰기 동작)의 첫 번째 프레임. 각 점에 편의상 번호가 부여되어 있다. B: 흰 색의 원형들은 각 점이 가지는 운동 궤적에서의 평균 위치를 나타낸다. C: 12개의 점이 2개씩의 점들로 구성된 6개의 부분으로 구분되었고, 각 부분끼리 위치를 바꾼다. 위치를 교환하는 경우의 수는 80가지이며 이 그림에서는 그 중 한 가지의 예만을 표시하였다. 점들이 교환될 때, 평균 위치끼리 자리를 맞바꾸게 되고, 원래의 점들은 평균위치의 이동에 따라 함께 이동한다. D: 평균위치끼리 맞바꾼 후 실제 점들의 위치가 바뀌어 있는 것이 나타나있다 (회색 점들). E, F: 가상의 평균 위치 표시를 제거한 후 PSM의 첫 번째 프레임.

제시 시간은 150, 300, 450, 600ms 중에 하나였다. 각 자극 제시 시간에 따른 시행 수는 동일하였으며 순서는 무선화 되었다. BM, PSM 자극은 20프레임으로 구성되었고 각 프레임은 50ms간 노출되었으므로, 자극제시시간에 따라 각각 3,6,9,12 프레임이 제시되었다. 참가자는 제시된 자극이 사람의 동작인지 여부에 대해 가능한 한 신속하고 정확하게 키보드 우측 숫자패드에 할당된 반응키('1': 사람 동작, '2': 사람 동작 아님)를 오른손을 이용하여 누르도록 지시받았다. 반응시간은 자극제시 종료부터 반응키를 누를 때까지의 시간으로 측정되었다. 참가자들의 안구운동은 측정되지 않았으나, 각 참가자는 실험이 진행되는 동안 시선을 화면 중앙의 +표시에 고정하도록 개시 전에 지시를 받았다. 각 시행에 제시되는 운동자극의 시작 프레임이 시행 간에 동일할 경우 이에 근거한 반응편향이 일어날 가능성을 배제하기 위하여, 최초의 프레임은 20 프레임 중 1~8번째 프레임 중에서 무작위로 선택되었다. 총 시행 수는 704 시행으로, 좌우 시야(2)×자극종류(2)×동작(22)×반복(2회)×자극제

시시간(4)으로서 결정되었다. 각 자극제시시간당 시행 수는 176시행이었으며, 참가자는 매 44시행마다 휴식을 취할 수 있도록 하였다.

운동자극 뿐 아니라 정지된 자극에 대해서도 좌, 우 시야간의 수행차이가 발생하는지를 확인하기 위하여, 비교과제로서 무작위로 선택된 BM 또는 PSM자극의 1개 프레임을 좌우 시야에 150ms 또는 300ms 동안 제시하고, 인간 동작을 나타내는 형태인지의 여부를 판단하도록 하였다. 비교과제의 시행 수는 176시행이었다.

결 과

자극제시 시간에 따른 각 시야에서의 정확도와 변별민감도 그림 3에 운동자극이 제시된 조건에서의 자극제시시간별로 좌,우 시야에서의 BM자극(그림 3A), PSM자극(그림 3B)에 대한 정확도가 나타나 있다. 정확도에 대해 자극종류(BM 및 PSM), 시야, 제시시간 조건을 포함한 2×2×4 반복측정ANOVA를 실행한 결과, 시야의 주효과가 관찰되어($F(1,39)=5.66$,

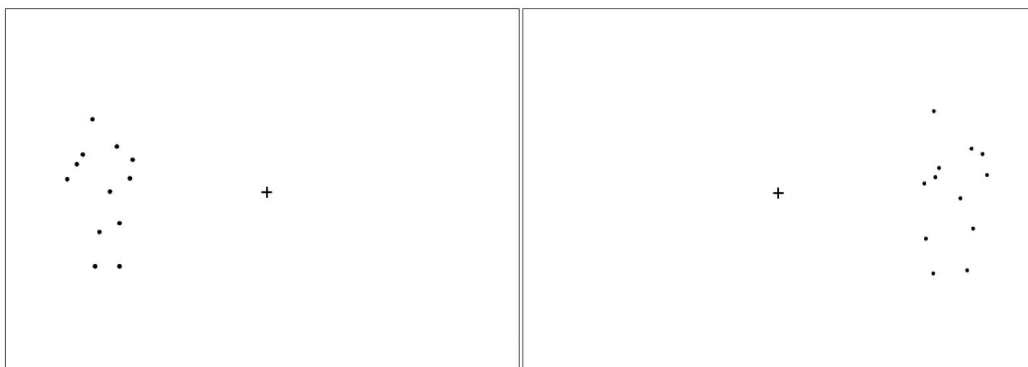


그림 2. 시행의 예. 왼쪽 그림은 BM자극이 좌측시야에 제시된 시행의 예이고, 오른쪽은 PSM자극이 우측시야에 제시된 시행의 예이다.

p=0.03) 좌측 시야에 자극이 제시된 경우 정확도가 높은 것으로 나타났다. 제시시간의 주효과도 관찰되었다(F(1,39)=30.02, p<0.001). 즉 자극제시시간이 길어질수록 지각 정확도 역시 상승하는 것으로 나타났다. 또한 운동자극과 자극제시시간의 상호작용이 유의미하게 나타났다(F(3,39)=9.60, p<0.001): BM자극은 제시시간이 길어질수록 정확도가 높았으나 PSM자극 시행에서는 자극제시시간이 길어져도 정확도는 상승하지 않았다. 이 외에, 운동자극×시야×제시시간의 3원 상호작용이 나타났다(F(3,39)=3.86, p=0.017). BM자극이 좌측 시야에 제시된 경우 우측 시야 제시 시행보다 정확도가 높았으나 PSM자극의 경우에는 좌, 우측 시야 조건 간에 차이가 없었다(그림 3 A,B). 이에 대해,

각 자극제시시간별로 정확도에 대한 대응표본 t-검증을 시행한 결과, BM자극 시행에서는 자극제시시간이 150ms일 때 좌측시야에 제시된 자극의 지각정확도가 우측시야에 비해 유의미하게 더 높았다(t(13)=2.97, p=0.011). 300ms, 450ms 조건에서도 좌측시야에서의 정확도가 더 높은 경향이 나타났지만 유의미한 수준에 이르지 못했다(300ms: t(13)=1.87, p=0.08; 450ms: t(13)=1.80, p=0.09).

다음으로 BM-PSM자극 간 변별민감도를 비교하기 위해, 기록된 자료를 각 시행에서의 자극-반응 조합에 따라 신호탐지이론에 해당하는 네 범주로 분류하였다. 즉, “적중(hit)”은 BM자극을 인간의 운동(또는 형태)로 판단한 경우이고, “탐지실패(miss)”는 BM자극을 인간

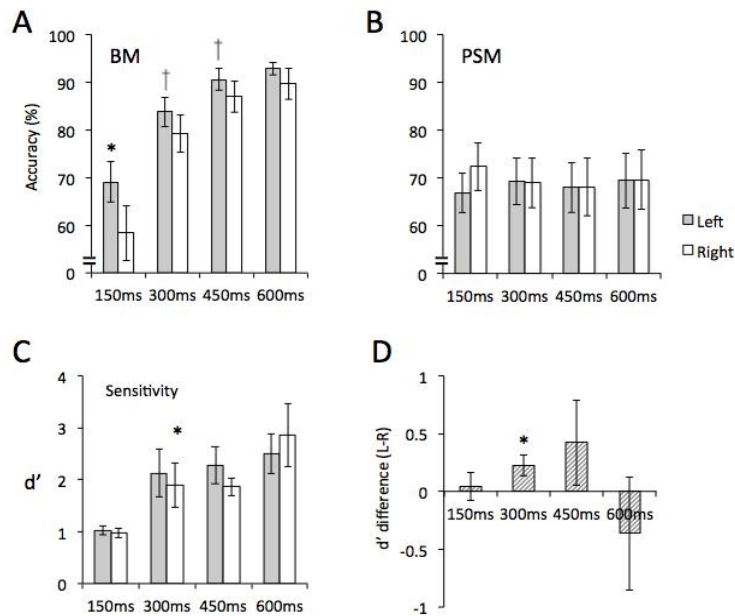


그림 3. 생물형 운동(BM)과 PSM자극을 이용한 변별과제의 정확도 및 변별민감도. A: 생물형 운동(BM) 자극의 제시시간별 좌(회색), 우(흰색) 시야에서의 정확도. B: PSM자극의 제시시간별 좌, 우 시야에서의 정확도. C: 자극제시시간별 좌,우측 시야에서의 BM-PSM간 변별민감도(d'). D: 좌-우 시야간 변별민감도의 차이(좌측시야 d' - 우측시야 d'). 오차막대는 표준오차를 나타낸다. *p<.05, † p<.10.

동작이 아니라고 한 경우, “오경보(false alarm)”는 PSM 자극을 BM으로 판단한 경우, “정기각(correct rejection)”은 PSM 자극을 인간의 동작이 아니라고 판단한 경우이다. 분류된 반응 범주 중 적중 및 오경보율을 이용해 변별민감도($d' = |z(\text{적중율}) - z(\text{오경보율})|$)를 산출하였고, 그 결과를 그림 3C에 제시하였다. 그림 3D는 좌, 우 시야 간 변별민감도의 차이를 표시한 것이다. 각 자극제시시간별로 좌, 우 시야 간 d' 값의 대응표본 t -검증을 실행한 결과, 300ms 조건에서 좌측 시야의 변별민감도가 우측에 비해 더 높은 것으로 나타났다($t(13)=2.46, p=0.028$). 다른 세 조건에서의 좌, 우 시야 간 민감도 차이는 유의 수준에 이르지 않았다.

정지된 BM 및 PSM 프레임을 이용한 비교 과제에서는 자극종류(2), 시야(2), 자극제시시간(2)의 $2 \times 2 \times 2$ 반복측정 ANOVA 결과 유의미한 주효과 및 상호작용효과가 관찰되지 않았다.

좌, 우 시야에서의 자극제시 시간별 반응시간

그림 4A에 운동자극(BM, PSM) 조건에서의 적중, 탐지실패, 정기각 및 오경보의 네 가지 자극-반응 범주에 따른 평균 반응시간이 나타나 있다. 자극 종류에 따라 반응시간을 분석할 경우 특정 자극(BM 또는 PSM)에 대한 정반응 및 오반응의 반응시간이 섞이게 되므로, 이를 분리하기 위하여 자극-반응 조합에 따른 범주에서의 반응시간을 분석하였다. 좌, 우 시야, 반응 범주, 자극제시시간이 포함된 반복측정 ANOVA 결과, 반응 범주의 유의미한 주효과가 관찰되었고 ($F(3,39)=10.65, p<0.001$), Bonferroni 사후검증 결과, 적중(hit)시행의 반응시간이 다른 반응에 비해 유의미하게 더 짧은 것으로

나타났다.

각각의 반응범주별로 시야 및 자극제시시간에 따른 2×4 반복측정 분산분석을 시행한 결과, 좌, 우 시야의 주효과는 모든 반응범주에서 유의수준에 이르지 못했으나, 적중시행의 경우 시야의 주효과가 유의수준에 근접하여 ($F(1,39)=4.58, p=0.052$), BM의 정확한 지각이 이루어지는 경우에 좌측시야에 나타난 BM 자극에 대해 더 빠른 반응이 나타나는 경향을 보였다.

적중시행만을 대상으로, 각 자극제시시간별로 좌, 우 시야간의 반응시간 차이를 대응표본 t -검정한 결과 300ms 조건에서 좌측시야의 반응이 더 빠른 것으로 밝혀졌고($t(13)=-2.75, p=0.017$, 그림 4B,C), 450ms 조건에서도 시야 간 차이가 유의미한 수준에 접하는 것으로 나타났다($t(13)=-2.16, p=0.050$). 적중 이외의 나머지 세 반응범주(탐지실패, 오경보 및 정기각)에서는 어떤 자극제시시간조건에서도 좌, 우 시야 간 반응시간 차이가 나타나지 않았다. 즉, 자극의 좌, 우 시야제시에 따른 반응시간의 차이는 BM 자극이 300ms 동안 제시되고 이를 정확히 지각한 시행에 한해서 제한적으로 관찰되었으며(그림 4B), 이는 선행연구의 결과와 일치한다(Kim, 2013).

정지된 프레임이 제시된 비교과제에서는 모든 시행을 대상으로 시야(2)×반응범주(4)×자극제시시간(2)의 반복측정 ANOVA를 실행한 결과, 반응범주의 주효과가 관찰되었다($F(3,39)=6.06, p=.002$). Bonferroni 사후분석 결과, 정반응시행(적중 및 정기각)에서의 반응시간이 오류반응(탐지실패 및 오경보)시간보다 유의미하게 짧은 것으로 나타났다. 이 외에 유의미한

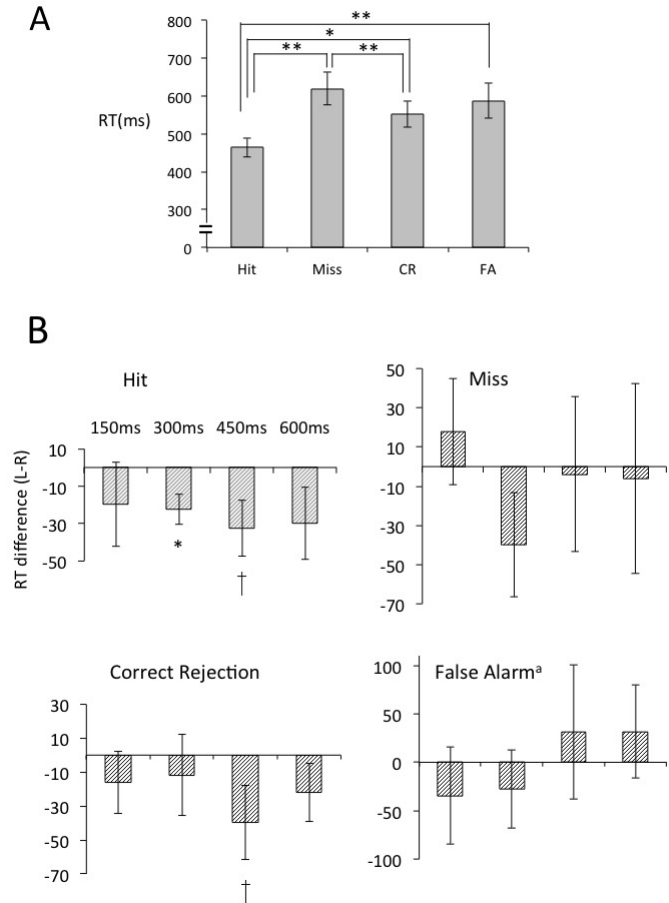


그림 4. BM과 PSM자극을 이용한 변별과제에서의 반응시간. A: 각 자극-반응 범주에서의 평균 반응시간(ms). B: 각 자극-반응 범주별 좌, 우 시야 간 평균반응시간의 차이 (좌측시야 - 우측시야). 오차막대는 표준오차를 나타낸다. CR: correct rejection, FA: false alarm. ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, † $p < 0.10$. a 큰 시간차 범위로 인해 편의상 이 도표는 다른 도표와 스케일을 다르게 표시하였다.

상호작용 효과는 관찰되지 않았다. 각 반응범주별로 반복측정ANOVA 및 대응-t-검증을 실행한 결과, 좌, 우 시야 간 유의미한 반응시간 차이는 관찰되지 않았다.

이 외에, 모든 ANOVA 분석에서 자극제시시간이 길어짐에 따라 반응시간이 단축되는 주효과가 있었다. 그러나 반응시간은 자극종료시점을 기준으로 측정되었기에, 시간에 따

른 주효과는 자극시작시점부터의 처리과정을 반영하지 못할 가능성이 높으므로 추가분석 및 논의에서는 제외하였다.

논 의

본 연구에서는 생물형 운동(BM)의 지각과정에서 좌측 시야에 제시된 BM자극의 처리가

더 효율적이라는 보고(Kim, 2013) 및 특정 시야 우세성은 관찰되지 않았다는 선행연구들(Bradshaw et al., 1984; de Lussanet et al., 2008; Michels et al., 2009)의 결과들을 바탕으로, 다양한 길이의 자극제시시간을 설정하여 좌, 우 시야 간에 제시되는 생물형(BM) 및 비생물형(PSM) 운동 지각의 특성을 알아보고자 하였다.

실험의 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 자극제시시간이 짧은 경우, 좌측 시야에 제시된 BM자극 지각의 정확도가 우측시야에 비해 더 높았다. 150ms 조건에서 좌측 시야의 정확도가 유의미하게 높았으며 300ms의 조건에서도 이러한 경향성이 나타났으나 600ms 조건에서는 시야 간 차이가 사라졌다. BM-PSM 간 변별민감도(d')에서도 300ms의 짧은 자극제시조건에서 좌측 시야 우세현상이 있었으나 긴 자극제시시간 조건에서는 차이가 없었다. 둘째, PSM 자극이 제시된 시행에서는 시야간의 정확도 및 변별민감도 차이가 나타나지 않았다. 즉, 상대적으로 짧은 자극제시시간 하에서의 좌측 시야 우세현상은 BM자극지각에 한정되었다. 셋째, 반응시간의 분석 결과, 좌측 시야에 짧게(300ms) 제시된 BM자극이 정확히 지각된 적중시행에서 반응시간 역시 우측 시야에 비해 더 빠른 것으로 나타나, 좌측 시야 BM자극의 지각은 정확도 및 처리속도 모두에서 보다 효율적이며 속도-정확도 교환(speed-accuracy trade-off, Schouten & Bekker, 1967; Wickelgren, 1977)을 따르지 않는다는 점을 시사한다. 마지막으로, 정지된 프레임을 사용한 비교 과제에서는 좌측시야의 지각처리 우세를 입증할만한 효과가 관찰되지 않아, 앞서 기술한 결과는 생물형 운동 고유의 특징적인

운동정보가 중요하게 작용한 것으로 생각된다.

짧은 시간의 자극노출 상황에서 BM지각의 제한적인 좌측시야우세 현상이 나타난 결과에 대해, 생물형 운동 지각의 핵심 영역인 후상측두구(pSTS)활동과의 관련성을 우선 고려해 볼 수 있을 것이다. 서론에서 언급한 대로 Thurman 등(2010)은 BM자극의 지속시간이 300ms 이하일 경우 운동정보는 제한되는 반면 상대적으로 형태정보가 중요하고, 300ms이상에서는 운동정보의 역할이 점차 커진다고 제안하였다. 대뇌 우반구가 일반적으로 짧게 제시되거나 불완전하게 제시된 자극에 민감하게 반응한다는 맥락에서(Sergent, 1982; 1983), 우반구 pSTS의 활동 역시 생물형 정보의 빠른 처리와 관련이 있다면 좌측시야에서 입력되는 생물형 운동의 정보는 최소의 지연과 함께 처리되는 동시에 가용한 형태정보를 약간의 운동정보와 결합하여 비교적 정확한 지각이 가능할 것으로 짐작할 수 있다. 반면에 활동이 거의 없거나 약한 좌반구 pSTS에서는 우측 시야에서 입력되는 운동정보와 형태정보의 처리 및 결합과정이 지연되거나 비효율적일 수 있으며, 그 결과 짧은 자극제시시간 조건에서 수행의 차이가 발생했을 가능성이 있다. 450ms 이상의 상대적으로 긴 자극노출상황에서는 운동 및 형태 정보의 제약이 약해져 좌, 우 시야간의 수행차이가 나타나지 않는 것으로 추론할 수 있을 것이다. 앞서 좌측 시야의 지각우세성이 관찰되지 않은 연구들(Bradshaw et al., 1984; de Lussanet et al., 2008; Michels et al., 2009)에서는 자극의 지속시간이 800ms 또는 참가자가 반응할 때까지로 길게 주어졌다는 점에서, 본 실험의 긴 자극제시시간 조건

결과와 유사하다고 할 수 있다.

다른 한편으로, 본 실험의 결과가 pSTS영역 활동 특성을 전적으로 반영하는 것이 아니라, 대뇌 좌, 우반구에서 보다 일반적으로 관찰되어온 특성의 한 현상일 가능성도 있다. 예를 들어 우반구가 좌반구에 비해 공간정보 처리가 더 효율적이고(Corballis, 2003; Corballis, Funnell, & Gazzaniga, 2002), 낮은 공간주파수에 더 민감하며(Christman, Kitterle, & Hellige, 1991), 국소보다 전역처리를 우선한다는(Grabowska & Nowicka, 1996; Hickok, Kirk, & Bellugi, 1998) 결과를 보고한 연구들이 다수 존재한다. 즉, 본 실험에서 사용된 BM자극의 각 점들의 운동을 통합된 신체운동으로 지각하는 전역 처리가 우반구의 시각체계 전반에 걸쳐 일어나, 좌, 우 시야 간의 지각수행 차이를 발생시켰을 수도 있을 것이다. 그러나 이러한 가능성은 점의 위치를 바꾸어 개별 점의 국소 운동정보만 보존하고 전역적 특징을 없앤 PSM자극 시행, 그리고 운동정보가 없는 정지된 프레임을 사용한 과제에서는 좌, 우 시야 간 차이가 없었다는 점에서 한계를 가지며, 따라서 대뇌 좌, 우반구의 전반적 차이보다는 BM고유의 생물형 정보에 민감한 pSTS의 활동이 중요하게 작용했을 가능성이 더 타당한 것으로 보인다. 자극의 종류에 관계없이 우반구 시각체계가 전역처리를 더 효율적으로 할 수 있다면, PSM자극에 대해 인간 동작이 아니라고 판단하는 정확도 역시 높게 나타났어야 하고, 따라서 BM, PSM 모두에 대해 좌측 시야에서 더 좋은 수행을 예측할 수 있어야 하기 때문이다. 의식 수준에서 정확한 BM지각으로부터 우반구 pSTS 및 편도체(amygdala)의

활동 예측이 가능했다는 최근의 fMRI 연구(Herrington, Nymberg, & Schultz, 2011; Kim et al., 2013)결과들 역시 본 연구 결과 및 이에 관한 pSTS의 역할을 뒷받침하는 증거라 할 수 있다.

좌, 우 시야 간의 차이 외에, 본 실험에서 관찰된 BM과 PSM지각의 또 한 가지 차이점은, BM의 경우 자극시간이 길어질수록 정확도가 상승한 반면 PSM은 자극제시시간이 길어져도 정확도가 향상되지 않았다는 것이다. 상향처리의 맥락에서 본다면 BM은 노출시간에 따라 증가하는 특유의 운동정보 및 형태정보에 의해 정확한 지각이 가능한 반면 PSM은 모호한 형태정보와 국소 수준에서만 BM과 동일한 운동정보로 인해 수행의 증가가 나타나지 않았을 것이다. 또한 자극노출시간이 길어질수록 상위인지에 저장된 인간 동작의 형판(template)정보가 BM에 적용되는 반면(Dittrich, 1993, Lange & Lappe, 2006), PSM에서는 이 과정이 적용되지 않는 하향처리에서의 차이로도 해석할 수 있다. 이 외에 일종의 지각적 편향이 개입했을 가능성도 고려할 수 있을 것이다. PSM지각의 정확도가 낮다는 것은 비생물형 운동을 생물의 움직임으로 판단한 비율, 즉 오경보율이 높았기 때문으로 해석할 수 있고, 이는 국소운동정보 수준에서 BM의 특징을 가진 애매한 자극을 BM으로 지각하고자 하는 편향의 결과일 수 있는 것이다. Fox와 McDaniel(1982)이 보고한, 생후 4~6개월 유아들의 시선이 BM자극에 상대적으로 더 오래 머문다는 결과는 인간이 출생 직후부터 생물형 움직임을 포착하려는 지각적인 준비태세를 갖추고 있다는 것을 시사한다. 그러나, 한편으

로 이 결과는 좌, 우 시야 간 지각의 차이가 BM자극에만 한정된다는 결과에 다소의 제한을 가하는 결과로도 해석될 여지가 있다. BM과 PSM 모두 자극제시시간 증가에 따라 정확도가 같은 양상으로 상승하는 동시에 BM자극 시행에서 좌, 우 시야 간의 차이가 관찰될 때, 시야에 따른 지각의 차이가 BM자극에 대해서만 발생한다고 확신할 수 있기 때문이다. 따라서 일정하게 유지되는 PSM지각의 정확도는 PSM자극 자체의 특수한 속성을 반영할 가능성도 배제할 수 없을 것이다.

본 실험에서 관찰된 바와 같은 제한적인 상황에서 좌시야 BM자극 지각의 효율적 처리가 생태학적으로 어떤 의미를 가지는지에 대해 실험 자료만으로 추론하기는 쉽지 않다. 대뇌 반구의 기능적 측화에 대해, 여러 연구들이 앞서 언급한 시공간적 정보처리에서 좌, 우반구 차이(Saxe, 2006)뿐 아니라, 사회인지와 의사소통을 포함하는 사회적 기능을 비롯해서 애착, 스트레스 대처 등의 정서적 기능에서도 우반구가 상대적으로 더 깊이 관련되어 있다고 보고하였다(Borod, Koff, & Canon, 1983; Brownell, Potter, & Bihrl, 1983; Brownell, Griffin, Winner, Friedman, & Happé, 2000; Moscovitch, 1983; Schore, 1994; Tompkins, 1997). 이를 전제로 한다면, 좌측시야에 나타난 BM의 효율적 처리 및 모호한 자극(PSM)에 대한 BM으로의 지각적 편향은 BM에 대한 입력정보가 충분하지 않은 상황에서도 우반구pSTS로부터 시작하여 전두엽 및 두정엽에 걸치는 거울뉴런체계(mirror neuron system)에서 사회인지과정에 필요한 정보를 신속히 추출하고 처리하려는 활동이 반영된 것으로 추론해볼 수 있을 것이다.

pSTS에 대한 뇌영상 연구들은 이 영역이 BM의 시각적 속성 뿐 아니라 운동(행동)의 의도에 대한 표상에도 민감하다는 결과 역시 보고해왔다(Castelli, Happe, Frith, & Frith, 2000; Shultz, Grelotti, Klin, Kleinman, Van der Gaag et al., 2003; Saxe, Xiao, Kovacs, Perrett, & Kanwisher, 2004). 그러나 본 연구의 자료만으로 이러한 추론을 뒷받침하기는 충분하지 않고, 이전의 대뇌반구 기능적 측화 연구들에 참가한 반구손상환자들의 해부학적, 기능적 손상의 다양성(예: Champagne-Lavau & Joannette, 2009; Griffin, Friedman, Ween, Winner, Happé et al., 2006; Weed, McGregor, Nielsen, Roepstroff, & Frith, 2010) 때문에, 구체적인 지각현상과 뇌기능의 관계를 파악하기 위해서는 추가 증거가 필요하다. 이후 동질적인 참가자 집단을 대상으로 가상현실을 이용한 상황에서 시각적, 시간적 변인의 조작을 통해 추가 정보를 얻는 실험을 고려해볼 수 있을 것이다.

본 연구를 진행하는 동안 참가자의 안구운동 측정을 통해 시선 고정 여부에 관한 확인을 할 수 없었던 점이 큰 제한점이다. 그러나 개별 참가자마다 시선의 고정이 실험의 진행에 중요한 요건임을 반복 강조하였고, 실험 결과 참가자 내, 참가자 간에 비교적 일관된 반응패턴이 관찰된 점으로 미루어 시선의 통제는 큰 문제가 없었던 것으로 생각된다. 또한, 본 실험에서는 자극의 노출시간만을 조작하여 주변시야에 제시된 BM 및 PSM자극의 지각을 관찰하였다. Gurnsey 등(2008)에 따르면 BM자극의 크기가 커질수록 주변시야에서의 지각 정확도가 향상된다(Gurnsey, Roddy, Ouhana, & Troje, 2008). 따라서 시간변인 뿐

아니라 자극의 크기 조작여부에 따라 본 실험에서 관찰된 결과가 달라질 가능성도 있다는 점에서 이 역시 본 실험의 제한점이라 할 수 있다. 후속 연구를 통해 이 두 변인을 동시에 조작하고 각각의 효과 및 상호작용을 관찰할 수 있을 것이다.

결론에 앞서, 본 실험의 결과에 영향을 주었을 가능성이 있는 몇 가지 변인들에 대한 논의를 덧붙이고자 한다. 첫째는 반응편향의 가능성이다. 예를 들어, BM지각 정확도에서는 시야 간 차이가 있으나 변별민감도에서는 차이가 없었던 경우가 존재하였다. 이를 통해 실험 진행 동안 BM 또는 PSM으로의 반응편향이 발생했을 가능성을 제기할 수 있으나, 각 시야에서의 변별민감도가 유사하더라도 서로 다른 비율의 적중 및 오경보율에 의해 계산된 결과가 나타났으며, 정답에 관계없이 특정 자극으로의 반응을 보인 비율 역시 편향된 결과를 보이지는 않았다. 두 번째로, 긴 자극 제시시간에서 좌, 우시야 간의 BM지각 정확도 차이가 없는 것이 쉬워진 과제난이도로 인한 천장효과 결과일 가능성을 생각해볼 수 있다. 그러나 자극제시시간이 길어져도 PSM자극에 대한 정확도는 상승하지 않은 점을 고려한다면 천장효과 발생의 가능성은 낮은 것으로 생각된다. 마지막으로, 반응키가 좌우로 배치된 점이 좌, 우 시야에 나타나는 자극에 대한 반응에 영향을 주었을 가능성을 생각해 볼 수 있다. BM자극이 좌측 시야에 제시된 경우 좌측 반응키를 이용한 반응이 빠르고 정확하였으나 이는 짧은 제시시간 조건에 한정된 점을 고려하면 본 실험의 결과를 반영하는 것이며, 동일한 조건에서 PSM자극에 대해서는 좌, 우

시야와 반응키의 위치 간 편향이 발생하지 않았으므로 반응키의 배치에 의한 오염효과는 없거나 결과에 영향을 미칠 수준은 아닌 것으로 생각된다.

본 연구에서는 점광으로 구성된 생물형 운동 및 비생물형 운동자극의 제시시간을 여러 단계로 하여, 서로 다른 결과를 보인 선행연구들에 대한 설명을 시도함과 동시에, 지각적으로 제한된 상황에서의 생물형 운동의 특성 및 pSTS 반구 우세성간의 관련성을 추론해보고자 하였다. 실험의 결과는 생물형 운동에 선택적으로 좌, 우 시야에서의 지각 효율성이 자극노출시간에 따라 달라짐을 보였다. 이 결과는 우측 pSTS영역을 비롯해 대뇌 우반구가 생체 및 사회적 정보에 더 민감하고 이러한 특성이 반영된 것으로 추측할 수 있으나 이를 더 직접적으로 입증할 수 있는 정교한 후속연구가 필요하다.

참고문헌

- 김제중 (2012). 생물형운동(Biological motion): 지각과정의 특징, 신경학적 기제 및 임상적 응용 가능성. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 24(4), 357-392.
- Beauchamp, M. S., Lee, K. E., Haxby, J.V., & Martin, A. (2003). fMRI responses to video and point-light displays of moving humans and manipulable objects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 991-1007.
- Bertenthal, B. I., & Pinto, J. (1994). Global processing of biological motions. *Psychological Science*, 5, 221-225.

- Binkofski, F., & Buccino, G. (2006). The role of ventral premotorcortex in action execution and action understanding. *Journal of Physiology-Paris*, 99, 396-405.
- Blake, R., & Shiffrar, M. (2007). Perception of human motion. *Annual Review of Psychology*, 58, 47-73.
- Bonda, E., Petrides, M., Ostry, D., & Evans, A. (1996). Specific involvement of human parietal systems and the amygdala in the perception of biological motion. *Journal of Neuroscience*, 16, 3737-3744.
- Borod, J. C., Koff, E., & Caron, H. S. (1983). Right hemisphere specialization for expression and appreciation of emotion: A focus on the face. In E. Perecman (Eds.). *Cognitive processing in the right hemisphere*. New York, London: Academic Press, 83-110.
- Bradshaw, J. L., Nettleton, N. C., Wilson, L., & Nathan, G. (1984). A moving video window or a mask yoked to eye movements: Experiments on letters, words, and biological movement with prolonged hemifield stimulation. *International Journal of Neuroscience*, 25, 81-98.
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10, 443-446.
- Brownell, H. H., Potter, H. H., & Bihrlé, A. M. (1986). Inference deficits in right brain-damaged patients. *Brain and Language*, 27, 310-324.
- Brownell, H. H., Griffin, R., Winner, H., Friedman, O., & Happé, F. (2000). Cerebral lateralization and theory of mind. In S. Baron, H., Tager-Flusberg, & D. Cohen. (Eds). *Understanding other minds: Perspectives from autism and cognitive neuroscience (2nd ed.)*. Oxford: Oxford University Press, 311-338.
- Casteli, F., Happé, F., Frith, U., & Frith, C. (2000). Movement and mind: A functional imaging study of perception in interpretation of complex intentional movement patterns. *Neuroimage*, 12, 314-325.
- Champagne-Lavau, M., & Joanette, Y. (2009). Pragmatics, theory of mind and executive functions after a right-hemisphere lesion: Different patterns of deficits. *Journal of Neurolinguistics*, 22, 413-426.
- Christman, S., Kitterle, F. L., & Hellige, J. (1991). Hemispheric asymmetry in the processing of absolute versus relative spatial frequency. *Brain and Cognition*, 16(1), 62 - 73.
- Corballis, P. M. (2003). Visuospatial processing and the right-hemisphere interpreter. *Brain and Cognition*, 53, 171-176.
- Corballis, P., Funnell, M. G., & Gazzaniga, M. S. (2003). Hemispheric asymmetries for simple visual judgements in the split brain. *Neuropsychologia*, 40(4), 401-410.
- Cutting, J. E., Moore, C., & Mossion, R. (1988). Masking the motions of human gait. *Perception and Psychophysics*, 44, 339-347.
- Dittrich, W. (1993). Action categories and the perception of biological motion. *Perception*, 22, 15-22.
- de Lussanet, M. H. E., Fadiga, L., Michels, L.,

- Seitz, R. J., Kleiser, R., & Lappe, M. (2008). Interaction of visual hemifield and body view in biological motion perception. *European Journal of Neuroscience*, 27, 514-522.
- Dittrich, W. H., Troscianko, T., Lea, S. E. G., & Morgan, D. (1996). Perception of emotion from dynamic point-light displays represented in dance. *Perception*, 25, 727-738.
- Fox, R., & McDaniel, C. (1982). The perception of biological motion by human infants. *Science*, 218, 486-487.
- Giese, M. A., & Poggio, T. (2003). Neural mechanisms for the recognition of biological movements. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 179-192.
- Gilaie-Dotan, S., Bentin, S., Harel, M., Rees, G., & Saygin, A. P. (2011). Normal form from biological motion despite impaired ventral stream function. *Neuropsychologia*, 49, 1033-1043.
- Grèzes, J., Costes, N., & Decety, J. (1998). Top-down effect of strategy on the perception of human biological motion: a PET investigation. *Cognitive Neuropsychology*, 15, 553-582.
- Grèzes, J., Fonlupt, P., Bertenthal, B., Delon-Martin, C., Segebarth, C., & Decety, J. (2001). Does perception of biological motion rely on specific brain regions? *Neuroimage*, 13, 775-785.
- Grabowska, A., Nowicka, A. (1996). Visual spatial frequency model of cerebral asymmetry: a critical survey of behavioural and electrophysiological studies. *Psychological Bulletin*, 120, 434-449.
- Griffin, R., Friedman, O., Ween, J., Winner, E., Happé, F., & Brownell, H. (2006). Theory of mind and the right hemisphere: Refining the scope of impairment. *Laterality*, 13(1), 195-225.
- Grossman, E. D., Battelli, L. & Pascual-Leone, A. (2005). Repetitive TMS over posterior STS disrupts perception biological motion. *Vision Research*, 45, 2847-2853.
- Grossman, E. D., & Blake, R. (2001). Brain activity evoked by inverted and imagined biological motion. *Vision Research*, 41, 1475-1482.
- Grossman, E. D., Donnelly, M., Price, R., Morgan, V., Pickens, D., Neighbor, G., & Blake, R. (2000). Brain areas involved in perception of biological motion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 711-720.
- Grossman, E. D., Jardine, N. L., & Pyles, J. A. (2010). fMR-adaptation reveals invariant coding of biological motion on the human STS. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 1-17.
- Gurnsey, R., Roddy, G., Ouhana, M., & Troje, N. (2008). Stimulus magnification equates identification and discrimination of biological motion across the visual field. *Vision Research*, 48, 2827-2834.
- Harrington, L., Siegert, R. J., & McClure, J. (2005). Theory of mind in schizophrenia: a critical review. *Cognitive Neuropsychiatry*, 10, 249-286.

- Herrington, J. D., Nymberg, C., & Schultz, R. T. (2011). Biological motion task performance predicts superior temporal sulcus activity. *Brain and Cognition*, 77, 372-381.
- Hickok, G., Kirk, K., & Bellugi, U. (1998). Hemispheric organization of local and global-level visuospatial processes in deaf signers and its relation to sign language aphasia. *Brain and Language*, 65, 276-86.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception and Psychophysics*, 14, 201-211.
- Kim, C-Y., Grossman, E. D., & Blake, R. (2013). Neural activity reflecting perceptual awareness of biologically relevant events. *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 25(2), 153-172.
- Kim, J. (2013). Perception of biological motion: Difference between the visual fields and comparison with non-biological motion. *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 25(1), 25-43.
- Kim, J. (2014). Abnormal frontal activation during the perception of biological motion in patients with schizophrenia. *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 26(4), 233-253.
- Kim, J., Jung, E., Lee, S-H., & Blake, R. (2015). A new technique for generating disordered point-light animations for the study of biological motion perception. *Journal of Vision*, 15, 13. doi:10.1167/15.11.13.
- Kim, J., Park, S., & Blake, R. (2011). Perception of biological motion in schizophrenia and healthy individuals: A behavioral and fMRI study. *PLoS ONE*, 6: e19971.
- Lange, J., & Lappe, M. (2006). A model of biological motion perception from configural form cues. *Journal of Neuroscience*, 26, 2894-2906.
- Loula, F., Prasad, S., Harber, K., & Shiffrar, M. (2005). Recognizing people from their movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 210-220.
- Mather, G., & Murdoch, L. (1994). Gender discrimination in biological motion displays based on dynamic cues. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Science*. 258, 273-279.
- Michels, L., Kleiser, R., de Lussanet, M. H. E., Seitz, R. J., & Lappe, M. (2009). Brain activity for peripheral biological motion in the posterior superior temporal gyrus and the fusiform gyrus: Dependence on visual hemifield and view orientation. *Neuroimage*, 45, 151-159.
- Moscovitch, M. (1983). The linguistic and emotional functions of the normal right hemisphere. In E. Perecman(Eds.). *Cognitive processing in the right hemisphere*. New York, London: Academic Press, 57-82.
- Neri, P., Morrone, C., & Burr, D (1998). Seeing biological motion. *Nature*, 395, 894-896.
- Pelli, D. G. (1997). The video toolbox software for visual psychophysics: transforming numbers

- into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Pelphrey, K. A., Mitchell, T. V., McKeown, M. J., Goldstein, J., Allison, T., & McCarthy, G. (2003). Brain activity evoked by the perception of human walking: Controlling for meaningful coherent motion. *Journal of Neuroscience*, 23, 6819-6825.
- Peuskens H, Vanrie J, Verfaillie K, & Orban GA (2005) Specificity of regions processing biological motion. *European Journal of Neuroscience*, 21, 2864-2875.
- Pineda, J. A. (2008). Sensorimotor cortex as a critical component of an 'extended' mirror neuron system: Does it solve the development, correspondence, and control problems in mirroring? *Behavioral and Brain Functions*, 4, 47. Doi: 10.1186/1744-9081-4-47
- Puce, A., Allison, T., Bentin, S., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1998). Temporal cortex activation in human viewing eye and mouth movements. *Journal of Neuroscience*, 18, 2188-2199.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.
- Santi, A., Servos, P., Vatikiotis-Bateson, E., Kuratate, T., & Munhall, K. (2003). Perceiving biological motion: dissociating visible speech from walking. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 800-809.
- Saxe, R. (2006) Uniquely human social cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 16, 235-239.
- Saxe, R., Xiao, D.-K., Kovacs, G., Perrett, D.I., & Kanwisher, N. (2004). A region of right posterior superior temporal sulcus responds to observed intentional actions. *Neuropsychologia*, 42, 1435-1446.
- Saygin, A. P. (2007). Superior temporal and premotor brain areas necessary for biological motion perception. *Brain*, 130, 2452-2461.
- Schore, A. N. (1994). Affect regulation and the origin of the self. *The Neurobiology of Emotional Development*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schouten, J. F., & Bekker, J. A. M. (1967). Reaction time and accuracy. *Acta Psychologica*, 27, 143-153.
- Schultz, R. T., Grelotti, D. J., Klin, A., Kleinman, J., Ven der Gaag, C., Marois, R., & Skudlarski, P. (2003). The role of the fusiform face area in social cognition: Implications for the pathobiology of autism. *Philosophical Transactions of Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 358(1430), 415-427.
- Sergent, J. (1982). Theoretical and methodological consequences of variations in exposure duration in visual laterality studies. *Perception and Psychophysics*, 31, 451-461.
- Sergent, J. (1983). Role of the input in visual hemispheric asymmetry. *Psychological Bulletin*, 93, 481-512.
- Thurman, S. M., Giese, M. A., & Grossman, E. D. (2010). Perceptual and computational analysis of critical features for biological motion. *Journal of Vision*, 10(12):15, 1-14.

- Tompkins, C. A. (1997). *Right hemisphere communication disorders: Theory and management*. San Diego, CA: Singular Publishing Group.
- Troje, N. F. (2002). The little difference. Fourier based synthesis of gender-specific biological motion. In M. Lappe & R. Würtz (Eds.), *Dynamic perception* (pp.115-120). Aka Press.
- Weed, E., McGregor, W., Nielsen, J. F., Roepstroff, A., & Frith, U. (2010). Theory of mind in adults with right hemisphere damage: What's the story? *Brain and Language*, 113, 65-72.
- Wheaton, K. J., Thompson, J. C., Syngeniotis, A., Abbott, D. F., & Puce, A. (2004). Viewing the motion of human body parts activates different regions of premotor, temporal, and parietal cortex. *Neuroimage*, 22, 277-288.
- Wickelgren, W. A. (1977). Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychologica*, 41, 67-85.

1 차원고접수 : 2015. 08. 05

수정원고접수 : 2015. 10. 02

최종게재결정 : 2015. 10. 04

Different perception of biological motion between the visual fields depending on stimulus exposure duration

Jejoong Kim

Duksung Women's University

Several imaging studies reported that the posterior superior temporal sulcus(pSTS) involved in biological motion(BM) perception exhibited stronger activation in the right hemisphere. A recent behavioral study found that accuracy for BM perception was higher with shorter reaction time when BM was presented in the left visual field than in the right visual field, which was thought to reflect stronger activation of the right pSTS. Other previous studies, however, did not report any specific visual field superiority during BM perception tasks. The present study attempted to explain these discrepant past results by manipulating the stimulus exposure time in the discrimination task of peripherally presented BM. The results showed that BM in the left visual field was more accurately perceived with shorter reaction time when the stimulus duration was relatively short(~300ms) while the left visual field superiority disappeared when the duration became longer. Such specific superiority effect was not observed when non-BM stimuli were presented. These results suggest that the left visual field superiority depends on stimulus exposure duration and the function of the pSTS may underlie this perceptual phenomenon.

Key words : biological motion, visual field, perception, superior temporal sulcus, stimulus exposure duration