

## 대상의 크기 및 관찰거리가 시간 지각에 미치는 영향

Effects of Object Size and Viewing Distance on Duration Perception

이원섭 · 김신우 · 이형철†

WonSeob Lee · ShinWoo Kim · HyungChul O. Li†

광운대학교 산업심리학과

Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University

### Abstract

Although accurate time perception is necessary to properly respond to the environment, it was discovered that non-temporal features also affect time perception. Previous studies have identified various factors that affect time perception, but there was no attempt to directly investigate the possible effects of the distance between participants and the stimuli on time perception. The current study examined the effects of viewing distance on time perception, by considering the retinal, physical, and perceived size of the stimuli. The viewing distance had no effect when either the physical size or the perceived size of the stimulus was the same. Viewing distance was found only to have an effect when the retinal size of the stimulus was the same. This effect might be a size effect rather than a distance effect because as the viewing distance increases the size should also increase to maintain the retinal size. These results imply that temporal perceptual constancy is preserved irrespective of the viewing distance, when distance information is not limited.

**Key words:** Duration Perception, Size, Viewing Distance, Perceptual Constancy

### 요약

인간이 외부 환경에 적절하게 대응하기 위해서는 정확한 시간 지각이 필요함에도 불구하고 다양한 비 시간적(non-temporal) 특성들이 시간 지각에 영향을 주는 것으로 나타났다. 그동안 시간 지각에 영향을 주는 다양한 요인들이 검증되었지만 참가자와 자극 간의 거리가 시간 지각에 영향을 주는지 직접 검증한 연구는 없다. 본 연구는 자극의 망막상 크기, 물리적 크기, 지각된 크기를 고려하여 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하였다. 연구 결과, 자극의 물리적 크기 및 지각된 크기가 동일한 실험에서 관찰 거리의 효과가 나타나지 않았으며, 자극의 망막상 크기가 동일한 실험에서만 관찰 거리의 효과가 나타났다. 이는 자극의 망막상 크기가 동일한 경우, 관찰 거리가 증가할수록 자극의 물리적 크기 또한 커지기 때문에 자극의 크기가 시간 지각에 영향을 준 결과일 수 있다. 이러한 실험 결과는 정보가 제한되지 않는 경우에 관찰거리가 변화하더라도 대상의 지속시간이 항상성 있게 지각될 수 있음을 시사한다.

**주제어:** 시간 지각, 크기, 관찰 거리, 지각 항상성

---

※ 이 논문은 2018년 광운대학교 교내연구비 지원(이형철)에 의해 연구되었음.

† 교신저자 : 이형철 (광운대학교 산업심리학과)

E-mail : hyung@kw.ac.kr

TEL : 02-940-5425

FAX : 02-941-9214

## 1. 연구의 배경 및 필요성

### 1.1. 비 시간적 특성과 시간 지각

동물은 감각 기관으로 외부 자극을 받아들여 환경을 지각하고 상호작용한다. 예를 들어, 우리의 뇌가 외부 세계를 시각적으로 표상하기 위해서는 눈의 감각체계와 빛이 필요하다. 시간 지각은 특이하게도 대응되는 시간 자극과 감각 양식이 존재하지 않는다. 시간 지각 연구에서 시간은 시각 자극이나 청각 자극을 통하여 제시되며 우리의 정보처리체계는 이러한 시청각 자극을 처리하여 시간을 지각한다.

시간 지각이란 시간의 경과에 대한 인간의 주관적 경험 또는 지각된 지속시간을 말한다. 인간이 외부 환경에 대응하여 적절한 행동을 선택하기 위해서는 시간을 정확하게 지각하는 것이 중요하다. 적절한 타이밍에 맞추어 행동하지 못한다면 외부환경에 대응하기 어려우며 생존에도 불리할 것이다. 그럼에도 불구하고 자극의 비 시간적(non-temporal) 특성들이 시간 지각에 영향을 준다는 증거가 발견되었다(Eagleman & Pariyadath, 2009). 예를 들어, 자극의 크기가 작은 것보다 큰 자극의 지속시간(duration)을 더 길게 지각하며(Cantor & Thomas, 1976; Xuan et al., 2007; Rammsayer & Verner, 2014), 좌측 공간에 제시되는 자극보다 우측 공간에 제시되는 자극의 지속시간을 더 길게 지각한다(Vicario et al., 2008).

Walsh(2003)는 자극의 비 시간적 특성과 시간 지각 간의 정적인 상관관계를 일반화된 크기 시스템(Generalized magnitude system)으로 설명하였다. 일반화된 크기 시스템은 자극을 구성하는 다양한 차원들의 크기(magnitude) 정보가 하나의 공통된 피질 영역에서 처리된다고 가정한다. 따라서 자극의 특성과 지속시간 사이에 간섭이 일어나며 결과적으로 크기(magnitude) 정보가 작은 자극보다 큰 자극의 지속시간을 더 길게 지각한다고 설명한다.

### 1.2. 관찰 거리와 시간 지각

자극의 비 시간적(non-temporal) 특성들이 시간 지각에 영향을 준다면, 관찰자가 자극을 관찰하는 거리

도 시간 지각에 영향을 줄 수 있다. 관찰 거리 정보는 관찰 대상에 대하여 적절한 행동을 취하는데 도움을 주지만 관찰 거리가 시간 지각에 어떻게 영향을 주는지는 잘 알려지지 않았다. Predebon(2002)의 연구와 Anelli et al.(2015)의 연구는 이에 대한 아이디어를 제공한다.

Predebon(2002)은 지각된 지속시간과 시야(visual field)의 관계를 검증하기 위해 관찰 거리를 조작하였다. 참가자들은 무작위 방향으로 움직이는 동적(dynamic) 자극을 관찰한 후, 제시된 자극의 지속시간만큼 버튼을 눌러 지각된 지속시간을 재생산하는 과제(reproduction task)를 수행하였다. 실험 결과, 먼 관찰 거리에서 제시된 자극의 지속시간을 더 길게 재생산하는 것으로 나타났다. Predebon(2002)은 자극의 변화가 망막상(retinal)의 좁은 범위에서 나타날 때 자극의 변화가 더 쉽게 부호화되고 처리되기 때문에 지속시간을 길게 지각한다고 설명하였다. 위 연구는 관찰 거리를 조작하였지만 시간 지각에 대한 관찰 거리의 효과보다는 시야에서 동적 자극이 차지하는 범위의 효과를 검증한 연구이다.

관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하기 위해서는 동적 자극보다는 정적(static) 자극을 제시할 필요가 있다. 제시하는 자극의 물리적 특성이 동일하더라도 관찰 거리가 달라진다면 자극의 망막상 특성은 달라진다. 예를 들어, 움직이는 자극을 관찰할 때 관찰 거리가 증가할수록 망막에 투사되는 자극의 이동 거리는 좁아지며, 크기는 점점 작아진다. 자극의 물리적 특성과 망막상 특성의 차이를 최소화하기 위해서는 정적 자극을 사용하는 것이 적절하며 정적 자극을 사용하여 관찰 거리의 효과를 검증해야 한다.

Anelli et al.(2015)은 정적 자극을 사용하여 관찰 거리의 효과를 일부 보여주었다. 이 연구의 목적은 자극에 닿을 수 있는 길이의 도구를 사용함으로써 도구 사용이 시간 지각에 대한 관찰 거리의 효과를 없애는지 검증한 연구이다. Anelli et al.(2015)의 연구는 화면 중앙에 정적 자극을 제시하였으며 참가자들은 자극이 제시된 지속시간의 반을 재생산하는 과제(temporal bisection reproduction task)를 수행하였다. 실험 결과, 도구 사용 전에 실시한 과제에서 먼 관찰 거리에 제시된 자극에 대하여 지속시간의 반을 더 길게 재생산하

었다. 이러한 실험 결과는 자극이 제시되는 거리가 멀수록 자극의 지속시간을 길게 지각하였다는 것을 시사한다.

Anelli et al.(2015)의 연구는 관찰 거리가 시간 지각에 어떠한 방식으로 영향을 미칠 수 있는지 보여주었지만 관찰 거리의 효과를 직접적으로 검증하지 않았다. 첫째, 위 연구에서 제시한 지속시간의 범위는 1,600ms에서 2,400ms까지이다. 이전 연구에 따르면 약 1,200ms보다 긴 제시시간에서 카운트를 세는 전략이 시간 지각에서 유용한 인지 전략으로 사용될 수 있음을 보여주었다(Grondin et al., 1999; Grondin et al., 2004). Anelli et al.(2015)의 연구는 참가자들이 시간을 지각할 때 카운트 전략을 사용하는지 여부를 고려하지 않았으므로 통제하지 못한 인지적 요인이 개입되었을 가능성이 있다. 시간 지각 연구에서 1,000ms 이내의 제시시간을 사용하는 것은 시간 지각에 영향을 주는 요인들을 통제하기 위함이다. 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하기 위해서는 1,000ms 이내의 지속시간을 제시하여 개입될 수 있는 인지적 요인을 통제할 필요가 있다.

둘째, Anelli et al.(2015)의 연구에서 참가자들은 지각된 지속시간의 반을 재생산하였다. 지각된 지속시간의 반만 보고하기 위하여 참가자들은 지속시간의 중간 지점을 추정해야한다. 이는 지각된 지속시간을 보고하는데 더 짧게 지속시간의 반을 보고하거나 더 길게 지속시간의 반을 보고하는 편향을 유도할 수 있다. 시간 지각을 측정하기 위해서는 제시된 지속시간의 전체를 반영할 수 있는 과제를 사용하는 것이 적절하다.

셋째, 자극의 시각도(visual angle)를 관찰 거리에 관계없이 동일하게 통제하였다. 이전 연구에 따르면 자극의 물리적 크기는 시간 지각에 영향을 준다(Cantor & Thomas, 1976; Xuan et al., 2007; Rammsayer & Verner, 2014). 시간 지각에서 자극의 크기 효과를 검증한 연구들은 하나의 관찰 거리에서 자극을 제시하였으며, 자극의 물리적 크기가 변화함에 따라 망막상 크기도 함께 변화하였다. Anelli et al.(2015)은 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하기 위해 자극의 망막상 크기를 통제하였다. 망막상 크기를 동일하게 유지하기 위해서는 관찰 거리가 증가할수록 자극의 물리적 크기를 점점 크게 구성해야했다. 따라서

Anelli et al.(2015)이 보여준 결과가 관찰 거리의 효과가 아닌 자극의 물리적 크기 효과일 가능성이 있다.

재생산 과제는 참가자들이 자극을 관찰한 후에 자극의 지속시간만큼 특정 버튼을 누르고 떼는 것으로 지각된 지속시간을 보고하는 과제이다. 재생산 과제는 시간 지각 연구에서 자주 사용되는 과제 중 하나이지만 버튼을 누르는 행동의 개입이 시간 지각에 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, 버튼을 누르는데 있어 참가자의 행동 지연이 개입되거나 버튼을 떼는데 있어 일찍 떼거나 지연하여 뺄 수 있다. 이러한 행동 개입으로 인한 변산은 과제 측정의 정확성을 떨어뜨린다. 통제하지 못한 행동 개입을 피하기 위해서는 단순한 판단 과제를 사용하여 시간 지각을 측정할 필요가 있다. 본 연구에서는 역치 측정 방법을 사용하였으며, 참가자들은 두 자극의 지속시간을 비교하여 둘 중 어떤 자극의 지속시간이 더 길었는지를 판단하는 단순 판단 과제를 수행하였다.

### 1.3. 연구의 필요성

시간 지각에 영향을 미치는 다양한 요인들이 검증되었지만 정적인 대상에 대하여 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 직접적으로 검증한 연구는 알려져 있지 않다. 관찰 거리가 달라지면 자극의 물리적 특성이 동일하더라도 망막상 특성이 달라지며, 반대로 망막상 특성이 동일하면 물리적 특성이 달라진다. 고려해야하는 자극 특성의 수를 최소화하기 위해서는 정적 자극을 사용할 필요가 있다. 정적 자극은 자극의 물리적 크기와 망막상 크기가 고려되어야 한다. 본 연구는 Anelli et al.(2015)의 연구에서 제시된 지속시간의 범위와 심리측정 방법의 문제점을 보완하였으며 자극의 물리적 크기와 망막상 크기가 통제된 실험을 설계하여 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하였다.

## 2. 실험 1

실험 1은 자극의 물리적 크기가 통제되었을 때 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하였다.

## 2.1. 연구 방법

### 2.1.1. 실험 참가자

총 19명의 정상시력 혹은 교정된 정상시력을 보유한 광운대학교 재학생이 참여하였으며 과제를 제대로 수행하지 못한 4명의 데이터가 제외되었다. 데이터를 제외한 근거는 2.1.5. 측정 방법에 자세하게 서술하였다.

### 2.1.2 장치

자극을 제시하기 위하여 LG 24인치 LCD모니터 디스플레이(너비 51, 높이 28cm) 두 대를 사용하였다. 하나의 디스플레이는 100cm의 관찰 거리에서 좌측 또는 우측에 고정되었다(Fig. 1, 참조 디스플레이). 다른 디스플레이는 50cm, 100cm, 200cm의 관찰 거리에 따라 참조 디스플레이의 반대편에 고정되었다(시험 디스플레이). 참가자들은 턱받침을 사용하여 이마와 턱을 고정한 후 과제를 수행하였다. 자극이 다른 관찰 거리에서 제시되더라도 눈높이를 통제하여 자극을 응시하는 시선이 동일한 시각도를 유지하도록 디스플레이의 높이를 조절하였다.

실험 자극은 Matlab에서 Psytoolbox 3로 작성되었다(Kleiner et al., 2007). 또한 참가자들의 수행을 순응적 방법(adaptive method)으로 측정하기 위하여 Psi 측정법을 사용하였다(Kontsevich & Tyler, 1999). Psi 측정법은 Matlab에서 사용할 수 있도록 Palamedes toolbox에 구현된 것을 사용하였다(Prins & Kingdom, 2009).

### 2.1.3 자극

실험 자극은 자극의 특성이 시간지각에 미치는 영향(Matthews, Stewart & Wearden, 2011)을 통제하기 위하여 검정색(밝기: 2.00 cd/m<sup>2</sup>) 원으로 구성하였으

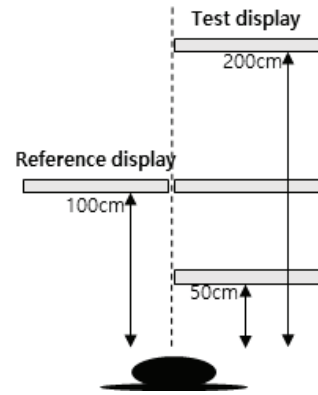


Fig. 1. The positions where two displays are located depending on the viewing distance (reference display position is fixed at 100cm)

며 회색배경(밝기: 42.39 cd/m<sup>2</sup>) 위에 제시하였다. 실험은 자극의 물리적 크기가 동일한 실험으로 자극의 크기는 관찰 거리에 상관없이 지름 4cm로 구성하였다. Table 1은 각 실험에서 관찰 거리 조건에 따라 제시되는 시험 자극의 크기를 보여준다.

자극의 지속시간과 제시 순서는 다음과 같다. 시험 자극의 지속시간은 항상 500ms로 제시되었으며, 관찰 거리 조건에 따른 시험 디스플레이에서 나타났다. 참조 자극의 지속시간은 200~800ms로 제시되었으며, 관찰 거리 100cm에 위치한 참조 디스플레이에서 나타났다. 참조 자극의 지속시간은 순응적 역치 측정법을 사용하였기 때문에 과제 수행 정도에 따라 달리 제시되었다. 제시될 수 있는 참조 자극의 지속시간은 총 19가지로 구성되었으며 단계 크기(step size)는 약 33ms (2 프레임)이다.

### 2.1.4 실험 절차

실험 참가자는 두 디스플레이에 순차적으로 제시된 자극을 관찰하고 두 자극 중 무엇이 더 오래 제시되었

Table 1. The size of test stimulus presented on the test display according to the viewing distance condition of each experiment

Condition	Experiment 1: same physical size	Experiment 2: same retinal size	Experiment 3: same perceived size
50cm Distance	Diameter 4cm (4.58°)*	Diameter 2cm (2.29°)	The participant adjusted the test stimulus for it to be perceived as the same size as the reference stimulus.
100cm Distance	Diameter 4cm (2.29°)		
200cm Distance	Diameter 4cm (1.14°)	Diameter 8cm (2.29°)	

The diameter of the reference stimulus presented on the reference display is always 4cm (2.29° Visual angle).

\* ( )The value inside the parentheses is the visual angle of the stimulus.

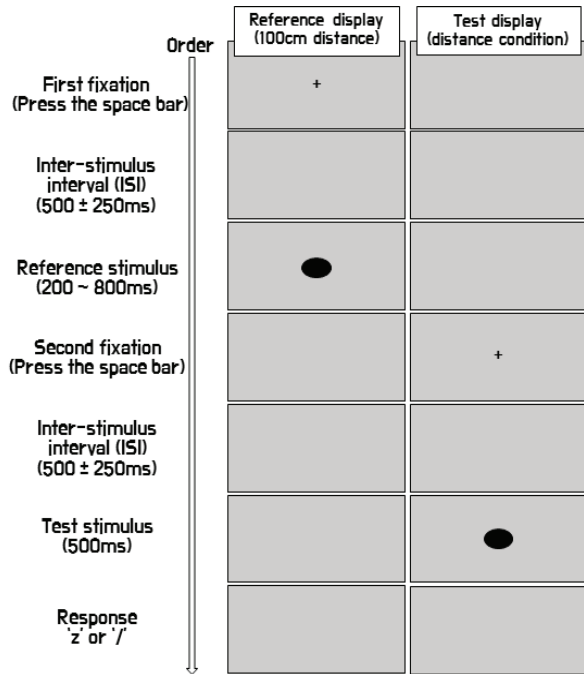


Fig. 2. Experimental procedure

는지 판단하는 과제를 수행하였다. 키보드로 응답하였으며, 좌측 화면에 제시된 자극이 더 오래 제시된 것으로 지각한 경우 'z'키, 우측 화면에 제시된 자극이 더 오래 제시된 것으로 지각한 경우 '/'키를 누르도록 하였다. 참가자들은 본 실험에 앞서 반응 방식을 최소 10회 연습하였다.

Fig. 2는 단일 시행 절차를 보여준다. 참가자들은 먼저 하나의 디스플레이 중앙에 제시되는 고정 점을 확인한 후 스페이스 바를 눌러 첫 번째 자극의 지속 시간을 확인하였다. 이후 반대편 화면의 중앙에 고정 점이 제시되면 다시 스페이스 바를 눌러 두 번째 자극의 지속 시간을 확인하였다. 두 번째 자극이 사라지면 참가자들은 두 자극 중 무엇이 더 오래 제시되었는지 판단하였다. 참가자가 스페이스 바를 누른 후 자극이 나타나기까지의 간격(자극 간 간격, ISI)은 250ms에서 750ms사이로 제시하여 자극이 나타나는 시점을 예측할 수 없도록 만들었다.

한 시행에서 시험 자극과 참조 자극은 무선적인 순서로 제시되었다. 그리고 시험 자극이 제시되는 디스플레이의 위치가 좌측인지 우측인지에 따라 블록을 나누었으며(공간 조건), 블록 순서는 참가자 간 균형을 이루었다. 참가자들은 한 조건 당 50회씩 총 300회

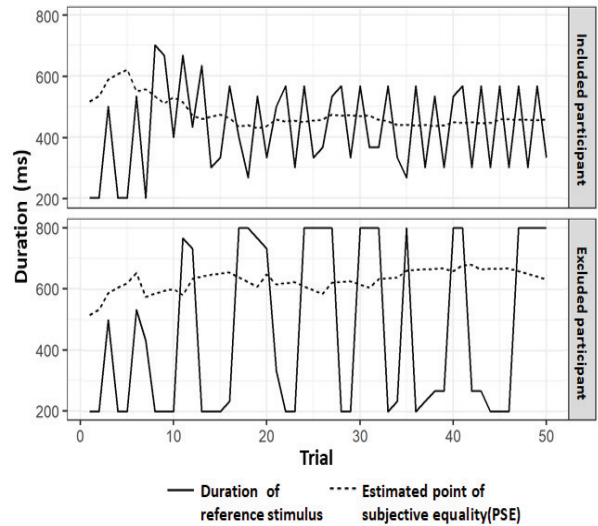


Fig. 3. Examples of the procedure for measuring point of subjective equality(PSE) in real trials

를 진행하였으며(제시 공간 조건: 좌측, 우측 공간 X 관찰 거리 조건: 50cm, 100cm, 200cm), 조건 사이에 최소 3분의 휴식 시간을 가졌다.

### 2.1.5 측정 방법

지각된 지속시간을 측정하기 위하여 두 자극의 지속시간이 지각적으로 동등해지는 점(주관적 동등점, PSE)을 측정하였다. 이를 위하여 순응적 역치 측정 방법인 Psi 측정법을 사용하였다. 이 측정법은 적은 시행 수에서도 안정적으로 역치를 추정하는 것으로 알려져 있다(Kontsevich & Tyler, 1999).

본 연구는 관찰 거리에 따른 지속 시간의 주관적 동등점(PSE)을 직관적으로 해석할 수 있도록 참조 자극의 지속시간을 200~800ms내에서 제시하였고 시험 자극의 지속시간을 500ms로 제시하였다. 주관적 동등점(PSE) 값이 500ms보다 작다면 참조 자극의 지속시간보다 시험 자극의 지속시간을 짧게 지각한다고 해석한다.

Fig. 3은 하나의 조건에서 역치(주관적 동등점)를 추정하는 과정을 보여준다. Fig. 3의 위에 제시된 그래프는 지시에 맞게 과제를 수행한 참가자의 자료이다. 참가자는 참조 자극의 지속시간과 시험 자극의 지속시간을 비교하여 어느 자극이 더 길게 제시되었는지를 보고하도록 지시받았다. 시행 초반, 참조 자극의 지속시간은 제시될 수 있는 지속 시간의 전체 범위 내

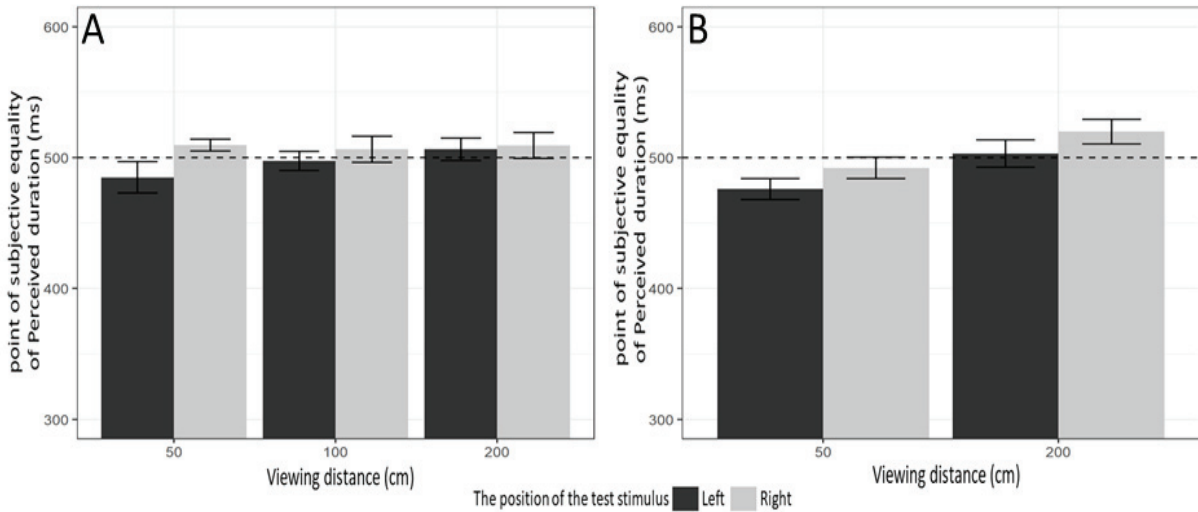


Fig. 4. The point of subjective equality(PSE) of perceived duration along with the viewing distance condition and the space condition. A is the result of Experiment 1, and B is the result of Experiment 2.

에서 제시되었다. 참조 자극의 지속시간은 참가자가 과제 수행을 잘할수록 시험 자극의 지속시간과 점점 더 구별하기 어려운 지속시간이 제시되었다. 따라서 시행 수가 증가할수록 참조 자극의 지속시간이 추정된 역치 수준에 가까운 범위로 수렴하게 된다. 수렴 정도는 개인의 민감성에 따라 차이가 존재하며 참가자가 참조 자극과 시험 자극의 지속시간을 지각적으로 구분하지 못하면 더 이상 수렴하지 않는다. 마지막 50 번째 시행에서 추정된 역치 수준(점선)은 이전 시행에서 추정된 역치 수준이 반영된 측정치이며, 시험 자극의 지속시간인 500ms와의 주관적 동등점(PSE)이 된다.

Fig. 3의 아래에 제시된 그래프는 분석에서 제외된 참가자의 자료를 보여준다. 제외된 참가자의 자료는 시행 수가 증가할수록 제시되는 참조 자극의 지속시간이 한계 범위(200ms 또는 800ms)로 발산하였다. 이는 참조 자극이 제시될 수 있는 한계 범위 내에서 시험 자극의 지속시간과 참조 자극의 지속시간 중 무엇이 더 길었는지 구분하지 못하였거나, 지시받은 과제 수행을 성실하게 이행하지 않은 경우, 또는 과제 수행 도중 조는 경우 나타나는 현상이다. 최소 하나의 조건에서 제시되는 참조 자극의 지속시간이 수렴하지 못하고 발산하면 분석에서 제외하였다.

## 2.2. 실험 1 결과 및 논의

실험 결과는 반복 측정 변량 분석(Repeated measure ANOVA)을 사용하여 검증하였다. Fig. 4A는 실험 1의 결과를 보여준다. 참가자들은 관찰 거리가 증가할수록 시험 자극의 지속시간을 더 길게 지각하였다(관찰 거리 50cm: PSE=497±6.62ms; 관찰 거리 100cm: PSE=502±6.01ms; 관찰 거리 200cm: PSE=508±6.28ms). 그러나 관찰 거리의 주 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다,  $F(2,28) = 0.78, p = 0.47$ . 실험 1은 관찰 거리가 시간 지각에 영향을 줄 것이라는 가설을 지지하지 않는다.

참가자들은 시험 자극이 좌측에 제시되었을 때 (PSE=496±5.39ms)보다 우측에 제시되었을 때(PSE=508±4.69ms) 시험 자극의 지속시간을 더 길게 지각하였다. 이 결과는 Vicario et al.(2008)의 연구와 경향성이 동일하지만 실험 1에서 제시 공간의 주 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다,  $F(1,14)=2.39, p=0.14$ . 관찰 거리와 제시 공간의 상호작용 효과도 통계적으로 유의미하지 않았다,  $F(2,28)=1.16, p=0.33$ .

실험 1은 모든 조건에서 자극의 물리적 크기가 동일하였다. 자극의 망막상 크기 측면에서 볼 때, 실험 1에서 관찰 거리의 효과가 나타나지 않은 이유는 관찰 거리가 증가할수록 망막에 맺히는 자극의 크기가 작아졌기 때문일 수 있다.

### 3. 실험 2

실험 1은 자극의 물리적 크기가 통제되었을 때 관찰거리가 시간 지각에 영향을 주지 않는다는 것을 보여준다. 실험 2는 자극의 망막상 크기가 통제되었을 때 관찰거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하였다.

#### 3.1. 연구 방법

##### 3.1.1. 실험 참가자

총 18명의 정상시력 혹은 교정된 정상시력을 보유한 광운대학교 재학생이 참여하였으며 과제를 제대로 수행하지 못한 3명의 데이터가 제외되었다. 참가자가 제외된 이유는 실험 1과 동일하였다.

##### 3.1.2. 장치

실험 1의 장치와 동일한 장치를 사용하였다.

##### 3.1.3. 자극

실험 자극의 특성은 자극의 크기 외에 실험 1과 동일하게 구성되었다. 실험 2는 자극의 망막상 크기가 동일한 실험으로 실험 1에서 사용한 참조자극의 물리적 크기와 동일하도록 시각도 2.29°로 구성하였다. 따라서 시험 자극의 물리적 크기는 관찰거리 50cm에서 지름 2cm, 관찰거리 200cm에서 지름 8cm이었다. 참조 자극의 물리적 크기는 관찰거리 100cm에서 지름 4cm이었다(Table 1).

자극의 지속시간 또한 실험 1과 동일하였다. 시험 자극의 지속시간은 항상 500ms로 제시되었으며, 관찰거리 조건에 따른 시험 디스플레이에서 나타났다. 참조 자극의 지속시간은 200~800ms로 제시되었으며, 관찰거리 100cm에 위치한 참조 디스플레이에서 나타났다. 참조 자극의 지속시간은 과제 수행 정도에 따라 달리 제시되었다.

##### 3.1.4. 실험 절차 및 측정 방법

실험 절차 및 측정 방법은 실험 1과 동일하였다. 관찰거리 100cm 조건은 실험 1과 동일했기 때문에 실험 2에서 제외하였다. 참가자들은 한 조건 당 50회씩 총 200회를 진행하였으며(공간 조건: 좌측, 우측 X 관

찰 거리 조건: 50cm, 200cm), 조건 사이에 최소 3분의 휴식 시간을 가졌다.

#### 3.2. 실험 2 결과 및 논의

Fig. 4B는 실험 2의 결과를 보여준다. 참가자들은 관찰거리 50cm 조건(PSE=484±5.73ms)보다 관찰거리 200cm 조건(PSE=511±6.96ms)에 제시된 시험 자극의 지속시간을 더 길게 지각하였다. 지각된 지속시간에 대한 관찰거리의 주 효과는 통계적으로 유의미하였다,  $F(1,14)=6.96$ ,  $p<0.02$ .

참가자들은 시험 자극이 좌측에 제시되었을 때(PSE=489±6.85ms)보다 우측에 제시되었을 때(PSE=505±6.55ms) 시험 자극의 지속시간을 더 길게 지각하였다. 이러한 제시 공간의 주 효과 또한 통계적으로 유의미하였다,  $F(1,14)=4.77$ ,  $p<0.05$ . 이는 Vicario et al.(2008)에서 보여준 경향성과 동일하다. 두 조건의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다,  $F(1,14)=0.002$ ,  $p=0.97$ .

실험 2는 관찰거리가 멀어질수록 지각된 지속시간이 길어진다는 것을 보여준다. 그러나 실험 2는 자극의 망막상 크기를 통제하였으므로 관찰거리가 증가할수록 자극의 물리적 크기 또한 커졌다. 실험 2는 관찰거리와 자극의 물리적 크기가 함께 달라졌기 때문에 자극의 물리적 크기가 지각된 지속시간에 영향을 주었을 가능성을 배제할 수 없다.

### 4. 실험 3

실험 1과 실험 2를 종합하면, 두 실험의 결과는 관찰거리가 시간 지각에 영향을 준 것 보다는 자극의 물리적 크기가 시간 지각에 영향을 준 것으로 보인다. 이전 연구에 따르면 자극의 물리적 크기가 동일하더라도 맥락 정보에 의해 지각된 크기가 달라질 수 있으며, 이러한 심리적 표상과 일치하는 방향으로 일차 시각 피질의 활성화 정도가 달라지는 것으로 나타났다(Murray et al., 2006). 또한 Ono & Kawahara(2007)는 자극의 물리적 크기가 동일하더라도 맥락 정보에 의해 자극의 지각된 크기가 커지면 자극의 지속시간을

길게 지각한다고 보고하였다. 따라서 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증함에 있어 자극의 지각된 크기도 고려할 필요가 있다.

관찰 거리가 증가할수록 지각된 지속시간이 증가한다면, 실험 2의 결과는 관찰 거리와 자극의 지각된 크기가 함께 시간 지각에 영향을 준 것일 수 있다. 실험 2는 관찰 거리가 멀어질수록 제시된 자극의 크기도 물리적으로 커졌으며 이 크기는 지각적으로도 구분되었다. 반면에 실험 1은 관찰 거리가 증가할수록 자극의 물리적 크기는 동일했으나 자극의 지각된 크기가 작아졌을 수 있다. 즉, 실험 1의 결과는 시간 지각에 대한 관찰 거리의 효과와 지각된 크기의 효과가 상충된 결과일 수 있다. 지각 항상성은 인간의 강력한 적응적 기제 중 하나로 거리에 상관없이 대상의 크기를 동일하게 지각하게 해준다. 그러나 본 연구는 두 개의 디스플레이를 사용하여 자극을 제시하고 비교했기 때문에 실험 1의 참가자들이 다른 관찰 거리에 제시된 두 자극의 크기가 동일하다고 지각하지 않았을 가능성이 있다.

자극의 물리적 크기가 동일하더라도 관찰 거리에 따라 자극의 지각된 크기가 달라진다면, 자극의 지각된 크기가 시간 지각에 영향을 줄 수 있다. 실험 3은 자극의 지각된 크기를 통제하여 관찰 거리가 시간 지각에 영향을 주는지 검증하였다.

## 4.1. 연구 방법

### 4.1.1. 실험 참가자

총 17명의 정상시력 혹은 교정된 정상시력을 보유한 광운대학교 재학생이 참여하였으며 과제를 제대로 수행하지 못한 2명의 데이터가 제외되었다. 참가자가 제외된 이유는 실험 1과 동일하다.

### 4.1.2. 장치

실험 1의 장치와 동일한 장치를 사용하였다.

### 4.1.3. 자극

실험 자극의 특성은 자극의 크기 외에 실험 1, 2와 동일하게 구성되었다. 실험 3은 자극의 지각된 크기를 동일한 실험으로 각 조건에서 역치 측정 과제를 수행

하기 전 제시된 두 자극의 크기를 동일하게 조절하는 과제를 수행하였다.

자극의 지속시간 또한 실험 1, 2와 동일하였다. 시험 자극의 지속시간은 항상 500ms로 제시되었으며, 관찰 거리 조건에 따른 시험 디스플레이에서 나타났다. 참조 자극의 지속시간은 200~800ms로 제시되었으며, 관찰 거리 100cm에 위치한 참조 디스플레이에서 나타났다. 참조 자극의 지속시간은 과제 수행 정도에 따라 달리 제시되었다.

### 4.1.4. 실험 절차 및 측정 방법

참가자들은 각 조건의 실험을 수행하기에 앞서 참조 디스플레이에 제시되는 참조 자극의 크기(시각도 2.29°, 지름 4cm)와 동일하도록 시험 자극의 크기를 조절하였다. 실험 참가자는 시험 자극의 크기를 키보드의 ‘↑’키를 눌러 크게 만들거나 ‘↓’키를 눌러 작게 만들어 참조 자극의 크기와 동일하도록 조절하였다. 시험 자극의 처음 시작 크기는 지름 2cm와 6cm이며 참가자는 두 시작 크기에 대하여 한 번씩 크기 조절 과제를 수행하였으며 시작 크기의 순서는 무선으로 조작되었다.

역치 측정 과제의 절차 및 측정 방법은 실험 1, 2와 동일하였다. 참조 자극의 물리적 크기는 두 번의 크기 조절 과제의 평균값으로 제시하였다. 참가자들은 한 조건 당 50회씩 총 200회를 진행하였으며(공간 조건: 좌측, 우측 X 관찰 거리 조건: 50cm, 200cm), 조건 사이에 최소 3분의 휴식 시간을 가졌다.

## 4.2. 실험 3 결과

두 자극의 지각된 크기를 동일하게 만드는 과제에서 참가자들은 관찰 거리에 따라 시험 자극의 물리적 크기를 다르게 조절하였다. Fig. 5A는 시험 자극의 크기가 참조 자극보다 얼마나 증가 또는 감소해야 동일하게 지각되는지를 보여준다. 참가자들은 관찰 거리 50cm 조건에서 시험 자극의 크기가 약 2.2%(±1.6%) 감소해야 참조 자극의 크기와 동일하다고 지각하였으며, 관찰 거리 200cm 조건에서 시험 자극의 크기가 약 9.3%(±2.2%) 증가해야 참조 자극의 크기와 동일하다고 지각하였다.



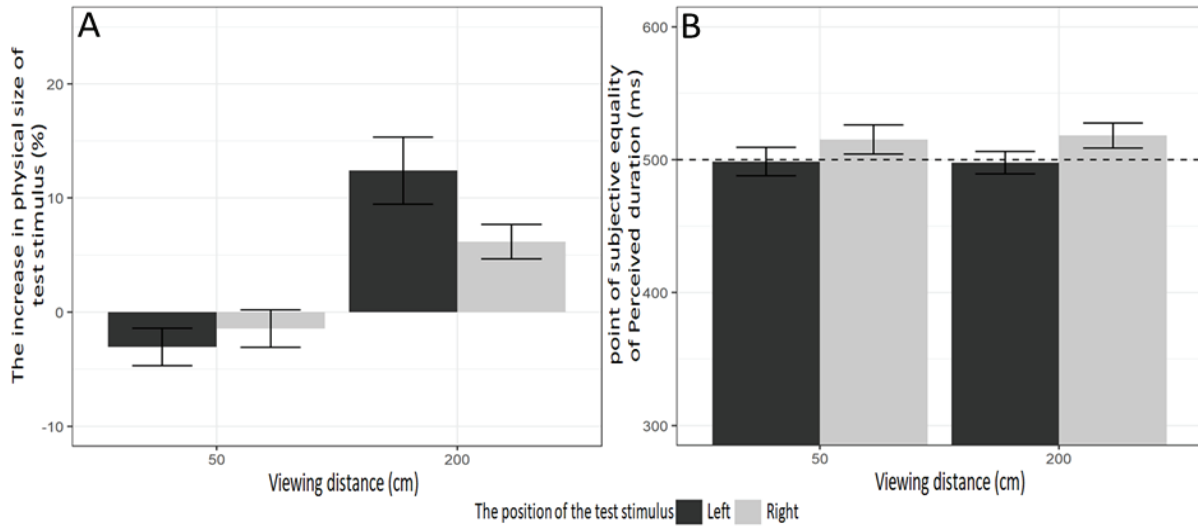


Fig. 5. Results of Experiment 3. A shows the increase in the physical size of test stimulus for it to be perceived as the same as that of the reference stimulus. B Shows the point of subjective equality(PSE) of perceived duration along with the viewing distance and the space condition in which stimulus is presented.

Fig. 5B는 실험 3의 결과를 보여준다. 관찰 거리 50cm 조건의 주관적 동등점(PSE)은  $507 \pm 7.58\text{ms}$ 로 나타났으며 관찰 거리 200cm 조건의 주관적 동등점(PSE)은  $508 \pm 6.45\text{ms}$ 로 나타났다. 실험 3에서 관찰 거리의 주 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다,  $F(1,14)=0.01, p=0.92$ .

참가자들은 시험 자극이 좌측에 제시되었을 때 (PSE= $498 \pm 6.61\text{ms}$ )보다 우측에 제시되었을 때(PSE= $517 \pm 7.03\text{ms}$ ) 시험 자극의 지속시간을 더 길게 지각하였다. 이러한 제시 공간의 주 효과는 통계적으로 유의미하지 않았으나 근소한 차이가 나타났다,  $F(1,14)=3.96, p=0.07$ . 두 조건의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다,  $F(1,14)=0.10, p=0.75$ .

### 5. 결론 및 논의

본 연구는 자극의 물리적 크기와 망막상 크기를 고려하여 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하였다. 실험 1은 모든 관찰 거리 조건에서 자극의 물리적 크기를 동일하게 제시하여 자극의 지각된 지속시간을 측정하였다. 실험 결과, 관찰 거리가 시간 지각에 영향을 준다는 증거를 발견하지 못하였다. 반면

에, 모든 관찰 거리 조건에서 자극의 망막상 크기를 동일하게 제시한 실험 2는 관찰 거리가 증가할수록 자극의 지속시간을 더 길게 지각하였다. 실험 2는 자극의 망막상 크기가 동일하였기 때문에 관찰 거리가 증가할수록 자극의 물리적 크기가 커졌다. 자극의 물리적 크기가 시간 지각에 영향을 준다는 이전 연구 결과들을 고려해볼 때(Cantor & Thomas, 1976; Xuan et al., 2007; Rammsayer & Verner, 2014), 실험 2의 결과는 관찰 거리 보다는 자극의 물리적 크기가 시간 지각에 영향을 주었을 가능성이 있다.

Ono & Kawahara(2007)는 지각된 크기가 시간 지각에 영향을 준다는 것을 보여주었다. 실험 1은 동일한 물리적 크기의 자극을 제시하였으나 관찰 거리가 증가할수록 참가자들이 자극의 크기를 작게 지각하였을 가능성이 있다. 실험 2는 관찰 거리가 증가할수록 자극의 물리적 크기가 커졌으며 이 크기는 지각적으로도 구분되었다. 관찰 거리가 시간 지각에 영향을 준다고 가정한다면, 실험 1과 2는 관찰 거리와 자극의 지각된 크기가 시간 지각에 영향을 준 결과일 수 있다. 따라서 다른 관찰 거리에 제시되는 두 자극의 지각된 크기를 동일하게 한 뒤 지각된 지속시간을 측정하는 실험 3을 진행하였다. 실험 결과, 참가자들은 관찰 거리가 증가할수록 자극의 물리적 크기를 더 작게 지각

하였다. 지각된 대상의 크기가 동일하도록 대상의 물리적 크기를 조절한 후에 관찰 거리를 조작한 실험 3에서 관찰 거리의 효과는 나타나지 않았다.

본 연구는 Anelli 등(2015)과 상이한 방법론을 사용했음에도 불구하고 실험 2에서 Anelli et al.(2015)의 실험과 유사한 결과를 보여주었다. Anelli et al.(2015)은 자극의 망막상 크기를 통제하였으며 제시된 지속시간의 반을 재생산하는 과제를 사용하였다. 본 연구는 자극의 물리적 크기, 망막상 크기, 지각된 크기가 통제된 실험을 설계하였으며 지속시간의 주관적 동등점(PSE)을 측정하였다. 지속시간은 인지 전략의 개입을 피하기 위해 1,000ms 이내로 제시하였다. 이러한 실험 설계의 차이에도 자극의 망막상 크기가 통제된 실험 2에서 관찰 거리의 효과가 관찰되었다. 자극의 망막상 크기가 통제되었다는 것은 관찰 거리가 증가함에 따라 자극의 물리적 크기 또한 증가한다는 문제가 있다. 따라서 자극의 물리적 크기가 시간 지각에 미치는 영향을 외면할 수 없다. 본 연구의 실험 2와 Anelli et al.(2015)의 결과는 관찰 거리의 효과보다는 자극의 크기가 시간 지각에 영향을 주었다고 보는 것이 더 적절할 수 있다. 지각된 크기가 동일한 실험 3에서 관찰 거리의 효과가 나타나지 않았다는 것은 실험 2의 결과가 자극의 크기 효과라는 추론을 뒷받침한다.

Lisi & Gorea(2016)는 속도(speed), 크기(size), 좌우 이동거리(moving distance)와 같은 움직이는 자극의 특성을 원근법(prospective)에 일치하게 2차원 화면에 제시하였다. 실험 결과, 원근법에 일치하지 않게 제시하였을 때 나타났던 시간 지각의 왜곡 효과가 사라졌다. 이러한 실험 결과는 적절한 거리 정보가 제시될 때 ‘시간 지각 항상성’이 나타날 수 있음을 보여준다. Lisi & Gorea(2016)의 연구는 자극의 실제 관찰 거리를 조작하지는 않았으나 2차원에서 자극의 위치가 멀고 가깝게 지각되도록 자극을 구성하였다. 본 연구의 실험 1은 물리적으로 동일한 특성을 가진 정적 자극을 상이한 실제 관찰 거리에 제시하였다. 실험 1은 관찰 거리뿐만 아니라 자극이 제시된 좌우 공간도 시간 지각에 영향을 미치지 않음을 보여주었다. 이는 망막에 맺히는 자극의 특성이 다르더라도 관찰 거리가 자

극의 물리적 특성이 동일하다는 정보를 제공하며 시간 지각 항상성을 유지시켜주는 역할을 하는 것을 보여주는 결과일 수 있다. 자극의 특성이 지각적으로 동일한 실험 3에서 관찰 거리의 효과가 나타나지 않은 것도 시간 지각 항상성을 뒷받침한다. 반면에 실험 2의 결과는 망막에 맺히는 자극의 특성이 동일하더라도 관찰 거리가 자극의 물리적 특성이 다르다는 정보를 제공하여 시간 지각에 대한 물리적 크기의 효과가 나타난 결과일 수 있다.

본 연구는 조건의 수에 비례하여 증가하는 시행 수를 줄이기 위하여 적은 시행 수에서도 안정적으로 역치를 측정하는 순응적 역치 측정 방법을 사용하였다. 시험 자극의 지속시간은 항상 500ms였으며 참조 자극의 지속시간은 매 시행 변화하였다. 본 실험은 두 자극이 제시되는 위치가 조건 내에서 고정되어 있기 때문에 시험 자극의 지속시간이 항상 일정하다는 것을 참가자들이 인지했을 가능성이 존재한다. 이러한 가능성을 피하기 위하여 시행 마다 자극의 제시 순서를 무선화 했으며 참가자가 스페이스바를 누른 후 자극이 나타나기까지의 간격(자극 간 간격, ISI)의 범위를 250ms~750ms로 설정하여 자극이 제시되는 시점을 예측할 수 없도록 하였다. 실험이 끝난 후, 참가자들이 한쪽에 제시된 자극의 제시시간이 일정했음을 인지하지 못했다는 것을 확인하였다.

본 연구는 두 자극을 다른 관찰 거리에 제시하기 위하여 두 대의 디스플레이를 사용하였다. 두 디스플레이는 시야의 중앙을 기준으로 좌측과 우측에 배치하였으며 자극은 항상 디스플레이의 중앙에 제시되었다. 이는 하나의 디스플레이에서 좌측과 우측에 자극을 제시한 Vicario et al.(2008)과의 차이점이다. 본 연구는 두 개의 디스플레이를 사용했음에도 Vicario et al.(2008)과 동일하게 우측에 제시된 자극의 지속시간을 길게 지각하는 경향성이 나타났다. 이러한 결과는 제시된 공간의 효과가 하나의 프레임에서 자극이 어디에 위치하는지 보다는 전체 시야 공간에서 자극이 어디에 위치하느냐가 더 중요하다는 것을 시사한다.

Walsh(2003)는 자극을 구성하는 다양한 차원들의 크기(magnitude)가 구별되지 않고 함께 처리되기 때문

에 시간 지각에 영향을 준다고 설명하였다. Walsh (2003)의 이론에 의하면, 관찰 거리도 크기(magnitude)에 해당하기 때문에 시간 지각에 영향을 줄 것으로 예측된다. 그러나 본 연구에서 관찰 거리는 시간 지각에 영향을 미치지 않았다. 이와 같은 실험 결과는 Walsh (2003)의 일반화된 크기 시스템(General magnitude system)이 자극이 제시되는 관찰 거리와 시간 지각의 관계를 적절하게 설명해주지 못한다는 것을 시사한다.

본 연구는 관찰 거리 정보가 자극의 물리적 크기가 동일하다는 정보를 제공하며 이것이 시간 지각 항상성을 유지시키는 역할을 할 수 있음을 시사한다. 관찰 거리 정보가 시간 지각 항상성에 필수적임을 검증하기 위하여 관찰 거리 정보를 제한하는 경우에도 시간 지각 항상성이 유지되는지 검증할 필요가 있다. 단안 정보만을 이용하게 만들거나 주변의 거리 정보를 제한하는 실험 환경을 구성하여 다양한 환경에서 관찰 거리가 시간 지각에 미치는 영향을 검증하는 것이 추후의 연구 문제로 남는다.

## REFERENCES

- Anelli, F., Candini, M., Cappelletti, M., Oliveri, M., & Frassinetti, F. (2015). The remapping of time by active tool-use. *PLoS one*, *10*(12), e0146175. DOI: 10.1371/journal.pone.0146175
- Cantor, N. E., & Thomas, E. A. (1976). Visual masking effects on duration, size, and form discrimination. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *19*(4), 321-327. DOI: 10.3758/BF03204237
- Eagleman, D. M., & Pariyadath, V. (2009). Is subjective duration a signature of coding efficiency?. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *364*(1525), 1841-1851. DOI: 10.1098/rstb.2009.0026
- Grondin, S., Meilleur-Wells, G., & Lachance, R. (1999). When to start explicit counting in a time-intervals discrimination task: A critical point in the timing process of humans. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*(4), 993-1004. DOI: 10.1037/0096-1523.25.4.993
- Grondin, S., Ouellet, B., & Roussel, M. E. (2004). Benefits and limits of explicit counting for discriminating temporal intervals. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, *58*(1), 1-12. DOI: 10.1037/h0087436
- Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D., Ingling, A., Murray, R., & Broussard, C. (2007). What's new in Psychtoolbox-3. *Perception*, *36*(14), 1. <http://psychtoolbox.org/>
- Kontsevich, L. L., & Tyler, C. W. (1999). Bayesian adaptive estimation of psychometric slope and threshold. *Vision research*, *39*(16), 2729-2737. DOI: 10.1016/S0042-6989(98)00285-5
- Lisi, M., & Gorea, A. (2016). Time constancy in human perception. *Journal of Vision*, *16*(14), 3-3. DOI: 10.1167/16.14.3
- Matthews, W. J., Stewart, N., & Wearden, J. H. (2011). Stimulus intensity and the perception of duration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *37*(1), 303-313. DOI: 10.1037/a0019961
- Murray, S. O., Boyaci, H., & Kersten, D. (2006). The representation of perceived angular size in human primary visual cortex. *Nature Neuroscience*, *9*(3), 429. DOI: 10.1038/nn1641
- Ono, F., & Kawahara, J. I. (2007). The subjective size of visual stimuli affects the perceived duration of their presentation. *Perception & Psychophysics*, *69*(6), 952-957. DOI: 10.3758/BF03193932
- Predebon, J. (2002). Viewing distance and estimates of duration. *Perceptual and Motor Skills*, *95*(1), 326-328. DOI: 10.2466/pms.2002.95.1.326
- Prins, N & Kingdom, F. A. A. (2009) *Palamedes: Matlab routines for analyzing psychophysical data*. <http://www.palamedestoolbox.org>
- Rammsayer, T. H., & Verner, M. (2014). The effect of nontemporal stimulus size on perceived duration as assessed by the method of reproduction. *Journal of Vision*, *14*(5), 17-17. DOI: 10.1167/14.5.17

- Vicario, C. M., Pecoraro, P., Turriziani, P., Koch, G., Caltagirone, C., & Oliveri, M. (2008). Relativistic compression and expansion of experiential time in the left and right space. *PloS One*, 3(3), e1716. DOI: 10.1371/journal.pone.0001716
- Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 483-488. DOI: 10.1016/j.tics.2003.09.002
- Xuan, B., Zhang, D., He, S., & Chen, X. (2007). Larger stimuli are judged to last longer. *Journal of Vision*, 7(10), 2-2. DOI: 10.1167/7.10.2

원고접수: 2018.09.21

수정접수: 2018.12.11

게재확정: 2018.12.14