

## 뇌 안의 문자상자: 글 읽기의 인지신경과학

광주과학기술원 최원일

지금 이 글을 읽고 계신 독자들에게 한 가지 질문을 하면서 글을 시작하고자 한다. 방금 읽었던 문장을 이해하는 과정을 말로 설명할 수 있을까? 아마도 쉽지 않았을 것이다. 그 이유는 이 과제가 너무 어려웠기 때문이라기보다는 너무 쉬웠기 때문일 가능성이 더 크다. 즉 독자들은 모국어로 된 글을 읽고 이해하는데 전혀 어려움을 느끼지 않는다. 보통 평균 수준의 성인 독자들이 글을 읽을 때 1분에 약 250단어 정도를 읽을 수 있고, 글 읽기에 매우 능숙한 독자들은 1분에 600단어 이상을 읽을 정도로 빠르게 글을 읽고 이해할 수 있다. 이러한 효율적인 글 이해 과정에서 우리 뇌 역시도 일사불란하게 움직인다. 조금 더 자세히 설명하면, 종이나 컴퓨터 화면 위 제시된 글자로부터 반사된 빛에너지는 우리 눈의 시신경 세포를 활성화하여 이를 시상(thalamus)의 바깥 부분에 있는 무릎모양의 영역(외측 슬상핵)으로 보내고, 이는 뇌의 후두엽(occipital lobe)에 위치하는 일차 시각 피질(primary visual cortex)에 있는 신경 세포들을 자극한다. 일차 시각 피질에 위치하는 신경 세포들은 글자뿐만 아니라 어떤 종류의 시각 정보에도 반응하는데, 자극의 가장 기본적인, 이를테면 선분, 방위, 윤곽선 등의 정보를 처리한다. 글 이해 과정에서 흥미로운 지점은 바로 여기부터이다. 간단한 수직선, 수평선, 사선, 둥근 곡선의 복잡하지 않은 조합으로 이루어진 알파벳이나 한글과 같은 문자들은, 그리고 이 문자들로 이루어진 단어는 어떻게 '문자'로, 그리고 '단어'로 부호화되어 그 단어의 의미까지 그토록 빠르게 활성화되는 것일까?

### 뇌 안의 문자 상자: 시각 단어 형태 영역(Visual Word Form Area, VWFA)

단어나 글을 읽는 것이 너무나 쉽고 자동적인 것처럼 보이지만, 우리가 원래부터 그렇게 잘 했던 것은 아니다. 필자의 지인의 아들이 4살쯤 되었을 때, 이 아이가 엘리베이터를 기다리면서 그 옆에 있는 양수기함이라고 쓰인 글자를 또박또박 큰 소리로 읽는 것이 아니겠는가? 필자는 벌써 한글을 읽을 줄 아냐고 이 아이를 폭풍칭찬을 한 뒤, '수'자를 손으로 가리키며 이 아이에게 이 글자 뭐냐고 물으니, 큰소리로 '양'이라고 대답하며 다음 글자도 바로 말할 준비가 되어 있다는 표정을 지으며 의기양양했던 에피소드가 기억이 나는데, 이런 일들이 뭐 남의 이야기만은 아닐 것이다. 우리 모두 이런 낯 놓고 기억자도 모르던 시절이 있었지만, 지금은 양수기함이라는 단어가 보이면, 눈 깜짝할 사이에 이 단어를 읽어낼 수 있을 뿐만 아니라 그 단어의 의미, 그리고 관련된 다양한 의미 정보까지 쉽게 그리고 자동적으로 활성화시킬 수 있다.

글을 읽는 과정에 우리의 뇌가 어떻게 반응할까? '양수기함'이라는 단어를 보고 그 단어의 의미를 이해하거나 그 단어를 발화하는데 우리 뇌의 어떤 영역들이 관여하는 것일까? 사실 이 과정은 상당히 단순해 보이지만, 우리 뇌의 수많은 영역이 관여해야만 가능한 일이다. 이 글에서는 '양수기함'이라는 단어를 보고 단순한 물리적 자극 속성에 기반한 것이 아닌, 단어 혹은 글자라는 추상적 실체에 처음 반응하는 뇌 영역에 관해 이야기해보도록 하겠다. 이미 19세기말 프랑스의 신경과 의사 데저린(Déjerine)은 말하거나 글을 쓰는 능력, 다른 물체나 얼굴, 그림, 숫자를 재인<sup>1)</sup>하는 능력은 보존되어 있지만, 유독 철자와 단어를 읽는 능력만 손상된 뇌

손상 환자 미스터 C의 사례(이런 증상을 순수 실독증(pure alexia)이라 함)를 보고하였다. 물론 당시에는 살아 있는 사람의 뇌의 활동을 기록할 수 있는 과학적 방법이 없었기 때문에, 환자가 사망한 후 부검을 통해 정확한 병변의 위치를 특정할 수 있었는데, 데저린은 단어 읽기의 중추를 좌반구 두정엽의 각회(angular gyrus)라고 주장하였다. 그로부터 100 여년이 더 지난, 20세기의 마지막 해인 2000년 스타니슬라스 드앤(Stanislas Deheane)과 동료들은 시각적으로 제시된 단어에 반응하는 중추는 데저린이 주장했던 각회가 아니라, 좌뇌의 외측 후두측두구(left lateral occipitotemporal sulcus)임을 기능적 자기공명영상(fMRI) 연구를 통해 밝혀냈다(Cohen et al., 2000). 단어가 제시되는 위치나 제시되는 철자의 대소문자 여부에 상관없이, 자극이 단어라면 동일한 영역이 활성화되었고, 이 논문에서 저자들은 이 영역을 시각 단어 형태 영역(visual word form area, VWFA)이라 명명했다. 즉 ‘양수기함’이라는 단어가 어떤 서체로, 어떤 색상으로, 어떤 위치에 제시되든 모두 VWFA가 활성화된다는 말이다.



그림 1 스타니슬라스 드앤 박사.  
출처: 위키피디아



그림 1 시각 단어 형태 영역(VWFA)  
출처: Oxford University Press

이 연구가 발표된 후, VWFA가 정말 단어 재인에 특화된 영역인가에 대한 격렬한 논쟁이 있었지만, 지금까지도 VWFA가 시각적 단어 형태를 처리하는 영역이라는 주장을 지지하는 수많은 경험 연구 결과들이 축적되고 있다. 물론 우리 뇌에서 시각자극을 처리할 때 이 VWFA가 오로지 문자 자극만 처리하는 것은 아니다. 그림이나 얼굴과 같은 다른 자극도 VWFA에서 처리될 수 있다. 하지만 수많은 경험 연구들은 VWFA가 다른 시각 자극이 아닌, 문자로 이루어진 자극(주로 단어)을 처리하는데 분명한 우선성을 가지고 있다는 주장을 지지하는 결과를 보여주고 있다.

그러면 단어 재인과 VWFA의 연관성에 대하여 지금까지 밝혀진 흥미로운 연구 결과를 간단히 살펴보자. 먼저 VWFA는 그저 복잡한 시각 자극이 아닌, 문자에 특화된 영역이다. 실제 한

1) 언어심리학 분야에서 재인(recognition)이라는 단어를 쓸 때는 외부에서 입력된 자극이 정보처리자의 기억 혹은 뇌 연결망에 존재하는 표상(representation)과 일치하는 것을 말한다. 비유적으로 표현하면, 머릿속에 큰 사전이 들어있는데, 외부에서 입력된 자극이 이 사전의 표제어들 중 하나와 맞을 때, 그 입력 자극이 ‘재인’되었다고 표현한다. 물론 이러한 사전 비유의 적절성에 대해서는 학계에서 여러 의견이 있다.

뇌영상 연구에서 그림을 볼 때와 단어를 볼 때 그림과 단어의 전체 획수를 동일하게 맞춘 상태에서 어떤 경우에 VWFA가 더 많이 활성화되는가를 알아보았는데, 그림에 비해 단어를 볼 때 VWFA가 확실히 더 많은 활성화를 나타냈다(Szwed et al., 2011). 사실 VWFA가 단어뿐만 아니라 그림을 볼 때도 비슷한 수준의 활성화 양상을 보인다는 연구 결과도 있었다. 하지만 지금 소개한 연구에서처럼 전반적 시각 복잡도를 면밀하게 통제하면 VWFA는 다른 시각 자극에서보다 유독 단어에서 더 많은 활성화를 나타낸다. 또한 이 영역은 단어를 구성하는 두 철자 문자열에도 체계적으로 반응하는 결과를 보였다. 제프리 빈더(Jeffery Binder)와 동료들은 영어 단어의 두 철자 조합(bigram), 예를 들어 house라는 단어의 ho, ou, us, se와 같은 바이그램의 빈도를 체계적으로 조작하여 이 자극을 볼 때 뇌에서 어떤 일이 일어나는가를 살펴보았는데, 이러한 바이그램의 빈도가 높을수록 VWFA에서 더 큰 활성화가 나타나는 것을 발견하였다(Binder et al., 2006). 이는 해당 언어에서 사용되는 철자 조합의 통계적 정보가 바로 VWFA에서 처리된다는 것을 시사하는 결과이다. 더 자주 접했던 문자열을 처리할 때 VWFA가 더 많이 일을 하는 것이다.

그렇다면 글을 읽지 못하는 문맹 성인들은 문자 자극을 볼 때 VWFA가 활성화되지 않을까? 그렇다. 브라질에 거주하는 글을 읽지 못하는 성인들은 문자 자극을 볼 때 VWFA가 활성화되지 않는다. 흥미로운 점은 이들이 글을 읽는 것을 배우고 나면 같은 자극을 볼 때 VWFA가 활성화된다(Dehaene et al., 2010). 즉 읽기 능력의 습득과 VWFA의 관여가 직접적인 관계가 있다는 뜻이다. 이러한 결과는 유치원에 다니는 아동들을 대상으로 한 연구에서도 역시 나타난다. 특정 문자열과 소리의 연합을 학습한 아이들이 학습을 마친 후, 유사 문자와 학습한 문자 사이의 VWFA의 활성화 양상을 비교하면 학습한 문자를 처리할 때가 유사 문자를 처리할 때에 비해 VWFA에서 더 많은 활성화가 나타난다.

## 읽기의 역설과 신경 재활용 가설

우리는 앞 절에서 인간이 시각 단어 혹은 시각적으로 제시된 문자 자극을 처리할 때 중추가 되는 뇌 영역이 VWFA라는 증거들을 살펴보았다. 이러한 결론은 과학적으로 흥미로운 것이긴 하지만, 뇌영상 기법이 보편화된 지금의 과학기술의 관점에서 아주 특별한 이야기는 아니다. 사실 뇌 과학의 발전이 더디던 시대부터 기능 국재화(localization)에 대한 논의는 이루어져왔고, 최근에는 얼굴이나 집과 같은 특정 정보를 처리하는데 특별히 관여하는 뇌 영역이 있다는 연구 결과가 다수 보고되고 있다. 그리고 이러한 특화된 대뇌 네트워크를 가지는 것이 생존과 번식에 분명히 유리했을 것이다. 예를 들어 얼굴을 알아보는 능력을 생각해보자. 나에게 먹을 것을 줄 사람이 누구인지, 어떤 사람이 나에게 도움이 되는 사람인지, 해가 되는 사람인지를 구별할 때 얼굴을 인식하는 능력만큼 요긴한 것은 없을테니 말이다. 그렇다면 얼굴을 인식하는 능력과 관련된 뇌 영역이 특화되어 있다는 것이 자연스럽게 느껴진다. 하지만 문자는 어떤가? 문자를 읽고 해독하는 능력이 정말 인간의 생존과 번식에 중요한 때가 인류의 역사에서 언제부터였을까? 글을 읽을 수 있는 능력이 인간 사회에서 중요해진지는, 문화마다 다르겠지만, 아주 길게 잡아 2000년쯤 되었을까? 문자의 발명 시기 자체가 지금으로부터 약 5천에서 7천 년 전이니 말이다. 인류의 유구한 역사를 생각했을 때 고작 5천여 년 전에 발명된 도구를 처리하기 위해 인간의 뇌가 VWFA와 같은 특화된 네트워크를 만든다는 것은 아무리 생각해도 좀 이해가 되지 않는다.

이 현상을 설명하기 위해 드앤 박사가 제안한 가설이 바로 신경 재활용 가설(neuronal

recycling hypothesis)이다. 이 가설은 문자 정보처리를 위해 인류가 특별한 뇌 회로를 생성한 것이 아니라, 기존에 존재하던 대뇌 피질의 네트워크 일부를 문자 정보처리라는 새로운 과제를 위해 재활용했다는 것이다. 즉 문자가 발명되어 이를 읽어내야 할 필요가 생기자, 유전적 제약과 환경적 특징이 반영되어 잘 조직화된 기존 대뇌 네트워크의 일부를 읽기에 사용할 수 있도록 한 것이다. 조금 더 부연하면 유전적 제약이라는 것은 인간이 태어난 후 경험이 시작되기 전부터 이미 신경 세포 사이의 중요한 연결망이 어느 정도 구축되어 있다는 뜻이고, 환경적 특징이 반영되었다는 말은 사물의 윤곽선이 전형적인 패턴, 즉 시점에 영향을 덜 받으면서도 사물의 모양이나 사물들 사이의 공간적 관계에 관한 정보를 제공하는 패턴을 갖는데, 이러한 패턴에 반응하는 뇌 회로가 문자 정보처리에 사용될 수 있다는 말이다. 이제 신경 재활용 가설을 가지고 상황을 정리해보자. 문자가 존재하지 않았던 인류 사회에서는 VWFA는 사물을 지각하는 과정에 관여하는 뇌 회로였을 가능성이 컸을 것이다. 하지만 사람들이 문자를 사용하기 시작하고 이를 경험하는 시간이 길어지면서, 또 문자 정보의 중요성이 부각되면서, 이를 효율적으로 처리하는 것이 생존에 유리하다는 깨달았을 것이다. 그렇다면 이 문자 정보를 전달하여 처리하는 뇌 영역이 필요해졌을 가능성이 크고, 이를 위해 완전히 새로운 뇌 영역과 네트워크를 찾기보다는 기존에 유사한 기능을 수행하던 뇌 영역과 네트워크를 재활용하는 것이 훨씬 유리했을 것이다.

신경 재활용 가설을 이해했다면 앞 절에서 설명한 문맹 성인들의 연구 결과를 다시 떠올려보자. 문맹인 성인들은 단어나 문장을 볼 때 VWFA가 활성화되지 않는다. 하지만 이들이 글을 읽는 법을 배우면 VWFA가 활성화된다. 만약 문자 정보처리를 위해 활성화되는 VWFA가 원래는 다른 사물을 지각하는데 사용되었던 것이라면, 이렇게 문맹이었던 사람들이 글을 읽을 수 있게 되면 문자가 아닌 사물을 볼 때 VWFA의 활성화는 줄어들게 될까? 실제 연구 결과에 따르면, 글을 읽을 수 있게 되고, 글을 더 빨리 읽게 될수록 얼굴, 집, 도구 등의 문자가 아닌 사물을 볼 때 VWFA에서의 활성화가 줄어드는 것을 발견하였다. VWFA가 문자 정보처리에 '재활용' 되면서 다른 시각 자극에 대한 처리 기능이 약화된 것이다. 이러한 결과는 신경 재활용 가설을 지지하는 흥미로운 결과임에 틀림없다.

## 글 읽기를 마치며

지금까지 이 글을 읽고 계신 독자라면 우리가 이 글을 읽는 바로 지금도 우리 뇌의 VWFA가 크게 활성화될 것이라는 것을 예상하실 수 있을 것이다(물론 글 이해 과정에서 VWFA만 활성화되는 것은 아니다!). 그리고 문자 정보처리 시 활성화되는 VWFA는 아주 먼 옛날에는 원래 문자가 아닌 다른 사물의 지각에 관여하는 뇌 영역이었지만, 문자의 발명 이후 언제부터인가 문자를 전문으로 처리하는 영역으로 재활용되었을 것이라는 생각도 이해하실 수 있을 것이다. 이해의 깊이를 더 하기 위해 여기서 딱 두 가지만 더 이야기하고 싶다. 첫째, VWFA가 글 읽기에 특화된 영역임은 분명하지만, 이 영역에서 다른 복잡한 시각 자극의 정보처리도 이루어진다는 연구 결과도 꾸준히 보고되고 있다. 또한 VWFA가 다른 언어 정보처리 영역들과 긴밀한 연결을 맺고 있지만, 주의 기제(attention mechanism)와 같은 다른 인지 정보처리에 관여하는 뇌 영역들과도 네트워크를 맺고 있다는 연구 결과 역시 존재한다. 둘째, 앞서 살펴본 신경 재활용 가설은 매우 흥미롭고 학계에서도 많은 지지를 받고 있지만, 이를 지지하지 않는 경험 연구 결과도 보고되고 있다. 최근 포크 웨티그(Falk Huettig)의 연구실에서 발표한 연구 결과에 따르면, 문맹인들이 글을 읽을 수 있게 되면 오히려 다른 시각 자극에 대한

기억이 증가한다고 한다. VWFA가 문자 정보처리를 담당하느라 바빠졌음에도 불구하고, 다른 시각 자극에 대한 기억이 보다 효율적으로 이루어진 것이다. 이는 신경 재활용 가설과는 일치하지 않는 결과인 동시에, 글 읽기 학습이 오히려 일반적인 사물 인식 기제를 미세 조정하는데 도움을 줄 수 있다는 주장을 지지하는 결과이다(Van Paridon et al., 2021). 이렇듯 문자 정보처리 및 글 읽기에 관여하는 뇌 안의 문자 상자 VWFA에 관해서는 아직도 활발하게 연구가 진행 중이다.

수메르인들이 발명한 인류의 첫 문자인 쉰기문자가 사용된 후, 6천 여 년이라는 짧은 시간 안에 문자가 인간의 대뇌 네트워크를 바꿔 놓은 것을 넘어서 인류의 정신과 문화에 엄청난 영향을 미쳤다는 사실은 어느 누구도 부인할 수 없을 것이다. 이제 인간의 삶에서 글 읽기와 글 쓰기는 고전학자 월터 옹이 썼듯이 인간의 잠재력을 보다 완벽하게 내적으로 실현하기 위한 핵심적인 도구로 자리 잡았다. 그리고 이 과정에 좌반구 후두측두 영역의 VWFA가 중요한 역할을 하고 있는 것이 아닐까?

### 참고한 문헌들과 더 읽을거리

- Binder, J. R., Medler, D. A., Westbury, C. F., Liebenthal, E., & Buchanan, L. (2006). Tuning of the human left fusiform gyrus to sublexical orthographic structure. *Neuroimage*, 33(2), 739-748.
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M. A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 123(2), 291-307.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(6), 254-262.
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Filho, G. N., Jobert, A., ... & Cohen, L. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 330(6009), 1359-1364.
- Szwed, M., Dehaene, S., Kleinschmidt, A., Eger, E., Valabrègue, R., Amadon, A., & Cohen, L. (2011). Specialization for written words over objects in the visual cortex. *Neuroimage*, 56(1), 330-344.
- Van Paridon, J., Ostarek, M., Arunkumar, M., & Huettig, F. (2021). Does neuronal recycling result in destructive competition? The influence of learning to read on the recognition of faces. *Psychological Science*, 32(3), 459-465.