

# Pause Characteristics by Utterance Position in Patients with Primary Progressive Aphasia Subtypes

Hyun Soo Kim<sup>a</sup>, Deog Young Kim<sup>b</sup>, Byoung Seok Ye<sup>c</sup>, Hyang Hee Kim<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Graduate Program in Speech-Language Pathology, Yonsei University, Seoul, Korea

<sup>b</sup>Department and Research Institute of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

<sup>c</sup>Department of Neurology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Correspondence:** Hyang Hee Kim, PhD  
Department of Rehabilitation Medicine,  
Yonsei University College of Medicine, 11-12  
Yeondaedongmun-gil, Seodaemun-gu, Seoul  
03721, Korea  
Tel: +82-2-2228-3900  
Fax: +82-2-2227-7984  
E-mail: hkim97.yonsei@gmail.com

**Co-Correspondence:** Byoung Seok Ye, MD, PhD  
Department of Neurology,  
Yonsei University College of Medicine,  
50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul  
03722, Korea  
Tel: +82-2-2228-1609  
Fax: +82-2-393-0705  
E-mail: romel79@gmail.com

Received: October 5, 2024  
Revised: December 1, 2024  
Accepted: December 1, 2024

**Objectives:** Primary progressive aphasia (PPA) is a neurodegenerative disease characterized by prominent language impairments within the first two years of onset. PPA is clinically categorized into three subtypes: semantic variant (svPPA), logopenic variant (lvPPA), and non-fluent/agrammatic variant (nfvPPA). Pauses that occur during speech production in primary progressive aphasia (PPA) can serve as simple and reliable biomarkers for subtype classification and early diagnosis of PPA. This study aimed to investigate the characteristics of pauses in PPA subtypes during a picture description task. **Methods:** The study included a total of 60 participants: 9 with semantic variant (svPPA), 19 with logopenic variant (lvPPA), 11 with nonfluent variant (nfvPPA), and 21 healthy controls. After transcribing the participants' speech, their pause durations were measured using the acoustic analysis program, Praat. Pauses were categorized as inter-utterance, intra-utterance, inter-word, and intra-word pauses. **Results:** Among the three types of PPA, the nfvPPA manifested slower speech rates and longer pauses between utterances compared to the svPPA and lvPPA. Furthermore, the lvPPA showed longer pauses between words within utterances compared to the svPPA. **Conclusion:** This study found that speech rate and pause durations differed by subtype, with the nfvPPA showing effortful speech due to increased articulatory complexity, which is attributed to neuroanatomical insult. The lvPPA may utilize pauses to compensate for word retrieval deficits during speech production. This study is significant as it provides pause characteristics in speech across different PPA subtypes via acoustic analysis.

**Keywords:** Primary progressive aphasia, Subtypes, Picture description task, Pause duration

원발진행실어증(primary progressive aphasia, PPA)은 발병 후 최소 2년간 다른 인지 영역이 상대적으로 유지되면서, 언어 기능이 두드러지게 나타나는 퇴행성 언어장애이다(Sonty et al., 2003). 언어 네트워크에 영향을 미치는 뇌 시스템의 국소 신경 퇴행에 기인하며(Ratnavalli, 2010), '언어 주도적 치매(language-led dementias)'의 한 형태로, 그 진단 및 관리에 상당한 어려움을 보인다(Marshall et al., 2018; Mesulam, 1982).

PPA는 해부학적으로 우세 언어 반구인 좌측 실비안 주변부 영역(left perisylvian region)과 전측두엽(anterior temporal lobes)의 위축으로 나타나며, 이는 세 아형별로 상이하다. 구체적으로, 발화부

족형(logopenic variant)은 좌측 후측두엽 피질(left posterior temporal cortex), 좌측 하두정엽(left inferior parietal lobule)의 손상에 기인하며, 의미형(semantic variant)에서는 양뇌의 비대칭적 전측두엽(asymmetric anterior temporal lobe)이 위축되는 특징이 있다. 반면에, 비유창형(nonfluent variant)은 좌측 브로카 영역과 주변 영역인 좌측 하전두엽(left inferior frontal cortex) 및 뇌섬(insular cortex), 일부에서 좌측 두정측두엽(left parietotemporal region) 위축이 관찰된다(Gorno-Tempini et al., 2004; Matias-Guiu et al., 2022; Santos-Santos et al., 2016).

PPA 진단이 확립되려면, 아형 분류를 위해 두드러진 말-언어 특

성에 대한 평가도 함께 이루어져야 한다(Marshall et al., 2018). 이때 평가되는 주요 영역은 말 산출 특성(단어 찾기에 따른 쉬, 말 운동, 음성), 따라 말하기, 단 단어 및 구문 이해, 이름대기, 의미론적 지식 등이 있다. 그중 쉬(pause)은 말 명료도와 유창성을 결정짓는 초분절적 요소로서 의사소통 효율성에 영향을 미치기 때문에 중요하게 다루어져야 한다(Kim et al., 2022). 경도 알츠하이머군과 정상 노년 집단의 쉬 시간과 빈도를 비교한 선행연구에서는 쉬가 인지장애군의 어휘인출 문제를 반영하는 단서로 나타났다(Gayraud, Lee, & Barkat-Defradas, 2011). PPA 환자에서도 쉬는 더 높은 수준의 인지적 기능 및 단어 찾기, 문장 계획 등과 같은 높은 언어 기능을 반영하는 것으로 나타났다(Cordella, Dickerson, Quimby, Yunusova, & Green, 2017). 또한 PPA 집단에서 정상군보다 긴 쉬 지속시간과 높은 쉬 비율이 보고되며, PPA 아형 분류를 위한 바이오마커로서 쉬의 중요성을 강조하였다(Angelopoulou et al., 2018).

임상 환경에서 서술형 언어 샘플은 개인의 어휘력, 형태-통사적, 사회-실용적 능력과 같은 다양한 언어 영역을 평가할 수 있는 유용한 평가 지표이다. 이에 연결발화 과제를 통해 환자의 아형별 특징을 분석, 비교하는 것이 필요하다. 국외에서는 PPA 환자를 대상으로 연결발화에서 쉬 특성 및 아형 간의 비교를 통해 PPA를 감별하는 연구가 활발하게 진행되고 있으나, 국내에서는 PPA 아형 간 쉬의 특성을 비교한 연구가 미비한 실정이다.

선행연구 중 Cho (2023) 연구에서는 PPA 두 아형(즉, 발화부족형과 의미형)과 정상군을 대상으로 그림설명하기 과제를 통해 쉬 특성을 비교하였다. 연구결과, 발화부족형은 의미형, 정상군에 비하여 전체 쉬 빈도가 높게 나타났으며, 발화부족형은 의미형에 비해 발화 내 쉬 시간이 길었다. 그러나, 어절 내 쉬 빈도와 시간에서 두 아형 간 유의한 차이가 관찰되지 않았으며, 아형 비교에서 세 아형 중 비유창형은 제외된 채 연구가 진행되었다. 국외 연구의 경우, 대부분 비유창형과 의미형의 차이에 초점을 두고 있는데, 이는 해당 두 유형 모두 전두측두치매(frontotemporal dementia, FTD) 아형이라는 공통된 특징을 갖기 때문이다(Matias-Guiú et al., 2022).

발화부족형과 비유창형은 발화에서 쉬가 증가하고 발화 속도가 느려지는 공통적 특성을 가지기 때문에 말-언어 산출에 대한 전문가 기반 평가로 구별해야 하는데, 이러한 작업은 여전히 어려운 과제로 남아있다(Ballard et al., 2014). 따라서 두 아형을 발화유창성 측면으로 변별하기 위해서는 쉬의 실현 위치를 면밀히 관찰할 필요가 있다. 발화부족형과 비유창형의 쉬의 양상을 비교한 선행연구에서는 비유창형의 쉬 시간이 발화부족형에 비해 더 길게 나타났다(Ballard et al., 2014; Gorno-Tempini et al., 2004; Matias-Guiú et al., 2022; Potagas et al., 2022).

이에 본 연구는 세 PPA 아형과 정상군이 그림설명하기 과제를 통해 산출한 발화를 음향학적 방법으로 분석하여, 쉬 시간의 차이를 비교하는데 그 목적을 두었다. 또한 세분화된 쉬에 대한 지표를 비교, 분석함으로써 PPA 세 아형 분류를 위한 간단하고 신뢰할 수 있는 바이오마커이자, 시간적 제약으로 인해 전체 검사를 받지 못하는 환자에게 사용될 수 있는 간편한 스크리닝 지표로서 쉬의 유용성을 밝히고자 하였다.

## 연구방법

### 연구대상

이 연구는 연세의료원 세브란스병원 연구심의위원회의 승인을 받고 수행된 전향 및 후향적 연구(IRB 번호: 4-2023-1647)이다. 연구대상자로는 신경과 연구과제(IRB 번호: 4-2018-1032)에 등록된 환자들 중 2차 목적 연구에 서면으로 동의한 환자들과 수도권 내 지역 사회를 통해 모집한 정상 대조군을 포함하였다.

환자군의 경우, 자료수집 기간은 2018년 11월부터 2024년 1월까지이며, 포함기준은: 1) 만 55세 이상의 성인, 2) 시력 및 청력에 문제가 없는 자, 3) 언어평가 시 ‘해빙기’ 그림설명 과제를 수행하고 반응이 녹음된 파일이 있는 자이었다. 선정된 환자들 중 비퇴행성 신경학적 질환 또는 발달적 신경학적 질환으로 진단받은 적이 있는 자는 대상에서 제외되었다.

환자들의 PPA 아형 분류는 세 단계로 이루어졌다. 첫 단계로는 임상 정보 및 언어 검사 결과를 바탕으로 Gorno-Tempini 등(2011)의 진단 기준을 사용하여 분류되었다. 두번째로는 30초 이상의 발화가 이루어지지 않아 발화 자료가 부족하거나, 단어들을 단순 나열하여 발화 성분이 부족한 경우는 분석 대상에서 제외하였다. 또한 세번째 분류 과정에서 혼합형 PPA 양상을 보이는 경우 또는 언어장애가 두드러지지 않는 경우 또한 대상에서 제외하였다. 이에 따라 최종적으로 본 연구의 포함 기준에 충족하는 의미형은 총 9명(남:여=5:4), 발화부족형은 총 19명(남:여=8:11), 비유창형은 총 11명(남:여=5:6)이었다(Table 1). 환자군 대상자의 자료수집 기간은 2018년 11월부터 2024년 1월까지이었다.

정상 대조군의 포함 기준은: 1) 수도권 소재에 거주 중이며 지역 사회를 통해 모집된 대상자 중, 2) 만 55세 이상의 성인, 3) 언어 및 말 장애로 진단받은 과거력이 없는 자, 3) 시력 및 청력의 문제가 보고되거나 진단받지 않은 자, 5) 신경학적, 정신적 질환으로 진단받은 과거력이 없는 자, 6) 한국형 간이정신상태검사(Korean Mini Mental State Examination, K-MMSE)에서 24점 이상으로 인지에 이상이 없는 자이었다. 이에 따라 최종적으로 이 포함 기준에 충족

하는 정상군은 총 21명이었다(남:여=10:11) (Table 1). 정상 대조군의 자료수집 기간은 2024년 2월 13일부터 6월까지이었다. 이들 네 군 간은 성별, 연령, 교육년수에서는 차이가 없었으나 K-MMSE ( $p < .001$ ), 실어증 지수(Aphasia Quotient, AQ) ( $p < .001$ ) 및 유창성 점수( $p < .001$ )에서는 유의한 차이를 보였다.

## 연구절차

### 자료수집

말 자료수집을 위하여 파라다이스 한국판 웨스턴 실어증 검사 개정판(Paradise Korean version-Western Aphasia Battery-Revised, PK-WAB-R)의 ‘스스로 말하기’ 항목 내 ‘해변가’ 그림설명 과제를 이용하였다(Kim & Na, 2012). 그림설명 과제의 경우 ‘해변가’ 그림(Appendix 1)을 제시하고, 대상자에게 “지금부터 그림을 잘 보시고, 그림에서 무슨 일이 벌어지고 있는지 저에게 자세히 설명해 보세요.”라고 지시하였다. 그림에 나타난 사물의 이름만을 나열하거나, 단답형으로 반응하는 경우 “가능한 문장으로, 자세하게 설명해주세요.”라고 지시하였다. 대상자가 1분 이내에 발화를 중단할

경우 “더 말씀해 주실 것은 없으신가요?”라고 질문하여 추가 반응을 유도하였다.

### 자료분석

발화 자료는 일차적으로 언어 평가 상황에서 대상자들에 의해 그림설명 과제가 수행되는 음성 부분을 Online Cutter 프로그램을 사용하여 발췌하였다. 이차적으로는 제1 연구자가 발췌된 음성 자료를 듣고 전사하였다. 전사는 Speech-To-Text (STT) 서비스인 네이버의 클로바 노트(v. 1.9.9, NAVER Corp, Gyeonggi-do, Korea)를 활용하여 이루어졌으며, 추가적으로 음성 파일을 청취하면서 수정 및 보완 절차를 거쳤다. 대상자의 반응을 전사한 텍스트 파일은 Kim 등(1998)이 제시한 발화 구분 원칙의 기준을 참조하여 발화 단위로 분석 후 어절 단위와, 음절 단위로 분석하였다.

수집된 말 자료는 음향음성학적 분석 프로그램인 Praat (ver. 6.3.14, IPS, UvA, AMS, NL)을 이용하여 분석하였다. 폐쇄음이나 파찰음에서 관찰되는 발성시작시간(voice onset time, VOT), 즉 조음적 휴지(articulatory pause)를 구분하지 않고 전체적 침에 포함

**Table 1.** Demographic comparison of study participants

	PPA			NC (n=21)	p value
	svPPA (n=9)	lvPPA (n=19)	nvPPA (n=11)		
Gender (N)					
M	5 (55.6%)	8 (42.1%)	5 (45.5%)	10 (47.6%)	.928
F	4 (44.4%)	11 (57.9%)	6 (54.5%)	11 (52.4%)	
Age (yr)	68.89 (9.43)	72.16 (9.19)	68.55 (7.72)	67.57 (9.47)	.429
Education (yr)	14.00 (5.36)	12.89 (3.62)	10.64 (4.06)	13.38 (3.23)	.243
K-MMSE	21.33 (7.18) <sup>‡</sup>	22.74 (4.57) <sup>‡</sup>	18.27 (4.63) <sup>‡</sup>	27.24 (1.79) <sup>‡*</sup>	< .001*
AQ	61.74 (18.20) <sup>‡</sup>	84.47 (10.42)	61.67 (14.95) <sup>‡</sup>	94.90 (.00) <sup>‡*</sup>	< .001*
Fluency	7.78 (1.30)	8.42 (1.43)	4.00 (1.41) <sup>‡</sup>	9.38 (.80) <sup>‡</sup>	< .001*

Values are presented as mean (SD).

PPA=primary progressive aphasia; SD=standard deviation; svPPA=semantic variant of PPA; lvPPA=logopenic variant of PPA; nvPPA=nonfluent variant of PPA; M=male; F=female; yr=year; K-MMSE=Korean-mini mental state examination; AQ=aphasia quotient.

<sup>‡</sup>Significantly different in comparison between controls and svPPA, <sup>\*</sup>Significantly different in comparison between controls and lvPPA, <sup>‡</sup>Significantly different in comparison between controls and nvPPA.

\* $p < .05$ .

**Table 2.** Pause duration measurements for the control and the PPA group

Pause duration	Measurements
Total pause duration	The combined duration of all pauses occurring between and within utterances
Inter-utterance pauses	The duration of pauses occurring between complete utterances
Intra-utterance pauses	The duration of pauses occurring within an utterance (includes both between-word, and within-word pauses)
Inter-word pauses	The duration of pauses occurring between words within an utterance
Intra-word pauses	The duration of pauses occurring within a single word, between syllables
Length of utterance	The value obtained by dividing the total number of syllables by the total number of utterances represents the syllables per utterance (SPU).
Speech rate	The time from the first appearance of a waveform to the last appearance of a waveform is represented as syllables per second (SPS).

PPA=primary progressive aphasia.

하여 0.1초(100 ms) 이상의 지속시간을 쉽으로 분류하였다(Cho, 2023; Yoo, 2022). 쉽이 하나 이상일 경우, 모두 합산하였으며, 소음, 간투사, 말, 이외의 발성(예: 한숨, 웃음, 기침, 숨소리)은 파형에서 수동으로 조정하여 모두 쉽 구간에 포함시켰다. 쉽 발생 위치에 따라 발화 간, 어절 간, 어절 내로 나누어 분석하였다. 쉽 특성 분석 시 사용되는 각 측정치들은 다음과 같이 정의하였다(Table 2).

### 통계분석

통계분석에는 SPSS (ver. IBM SPSS Statistics 29, IBM, Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하였다. 정규성은 Kolmogorov-Smirnov 를 이용하여 분석하였다. PPA 집단과 정상군에 따른 성별의 차이를 살펴보고자 교차분석(chi square test)을 실시하였으며, PPA 집단과 정상군에 따른 연령, 교육년수, K MMSE, AQ, 유창성 점수 차이를 살펴보고자 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. PPA 집단과 정상군에 성별, 연령, 교육년수가 쉽 시간과 비율, 발화길이 및 속도에 미치는 영향력을 분석하고자 일반화 선형 모형(generalized linear model)을 사용하여 분석을 실시하였다. 이때 정상군과 PPA 아형 간의 연구결과 차이를 강조하기 위해 정상군을 기준 범주로 설정하여 비교하였다. 또한 성별, 연령, 교육년수 중 쉽 시간과 비율, 발화길이 및 속도에 영향을 미치는 변수를 통제하였을 때, PPA 집단과 정상군에 따른 주요 변인에 차이를 보이는지 분석하고자 일반화 선형 모형(generalized linear model)을 사용하였으며, 사후검정으로 본페로니 교정(Bonferroni correction)를 실시하였다. 마지막으로 각 아형 내 산출한 품사에 따른 쉽 시간과 비율의 차이를 살펴보기 위해 Mann-whitney 검정을 실시하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준은 0.05를 기준으로 하였다.

### 연구결과

Table 3과 Figure 1에 제시된 바와 같이 아형 간 발화 위치에 따른 쉽 시간을 살펴본 결과는 다음과 같다.

첫째, 전체 쉽 시간 추정값의 경우에는 비유창형, 발화부족형, 의미형, 정상군 순으로 길었으며, 네 군 간 차이가 통계적으로 유의하였다( $p < .001$ ). 비유창형( $4.87 \pm .50$ 초)이 의미형( $1.62 \pm .54$ 초), 발화부족형( $1.99 \pm .37$ 초), 정상군( $1.12 \pm .35$ 초)보다 각각 유의하게 길었다( $p < .001$ ).

둘째, 발화 간 쉽 시간 추정값의 경우에도 비유창형, 발화부족형, 의미형, 정상군 순으로 길었으며, 이 또한 네 군 간 차이가 통계적으로 유의하였다( $p < .001$ ). 발화부족형( $3.12 \pm .42$ 초)이 정상군( $1.83 \pm .40$ 초)보다 유의하게 길었으며( $p = .024$ ), 비유창형( $5.90 \pm .57$ 초)이 의미형( $2.56 \pm .62$ 초) ( $p = .001$ ), 발화부족형( $3.12 \pm .42$ 초) ( $p = .001$ ), 정상군( $1.83 \pm .40$ 초) ( $p = .001$ )보다 각각 유의하게 길었다.

셋째, 발화 내 쉽 시간 추정값의 경우, 발화부족형, 의미형, 정상군, 비유창형 순으로 길었으며, 네 군 간 차이가 통계적으로 유의하였다( $p < .001$ ). 발화부족형( $1.11 \pm .10$ 초)이 의미형( $.74 \pm .15$ 초) ( $p = .022$ ), 비유창형( $.73 \pm .13$ 초) ( $p = .009$ ), 정상군( $.73 \pm .10$ 초) ( $p = .001$ )보다 각각 유의하게 길었다.

넷째, 어절 간 쉽 시간 추정값의 경우, 발화부족형, 정상군, 의미형, 비유창형 순으로 길었으며, 네 군 간 차이가 통계적으로 유의하였다( $p < .001$ ). 발화부족형( $1.21 \pm .11$ 초)이 의미형( $.73 \pm .16$ 초) ( $p = .001$ ), 비유창형( $.71 \pm .15$ 초) ( $p = .001$ ), 정상군( $.74 \pm .11$ 초) ( $p = .001$ )보다 각각 유의하게 길었다.

다섯째, 어절 내 쉽 시간 추정값의 경우에는 비유창형, 의미형, 발

**Table 3.** Descriptive statistics for pause variables for the PPA subgroups and normal controls

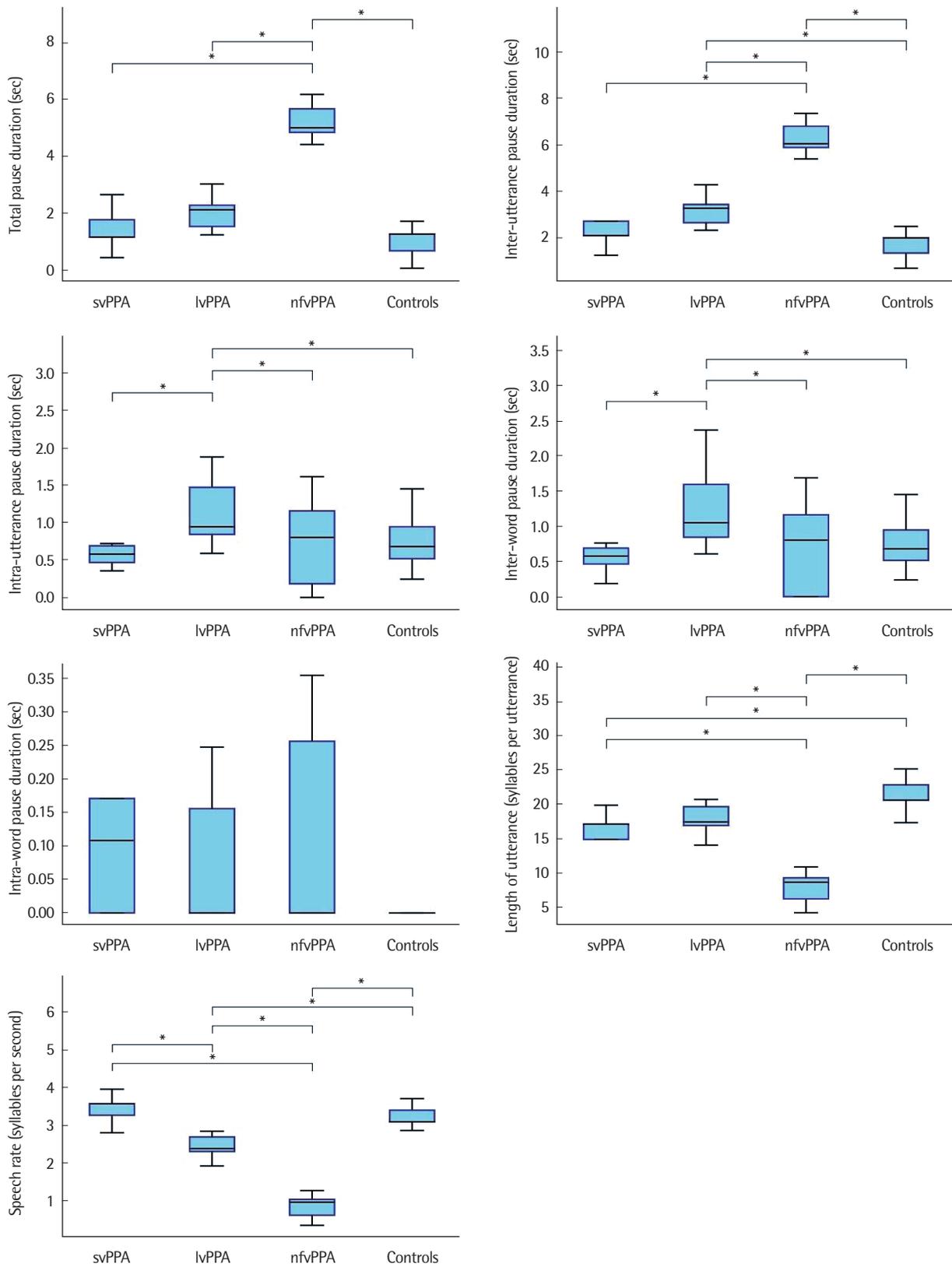
Dependent variables	Confounding variables			svPPA	lvPPA	nfvPPA	NC	p value
	Sex	Age	Edu	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	
Total pause duration	n.s.	n.s.	s	1.62 (.54) <sup>‡</sup>	1.99 (.37) <sup>§</sup>	4.87 (.50) <sup>‡§†</sup>	1.12 (.35) <sup>‡</sup>	< .001*
Inter utterance pause duration	n.s.	n.s.	s	2.56 (.62) <sup>‡</sup>	3.12 (.42) <sup>§*</sup>	5.90 (.57) <sup>‡§†</sup>	1.83 (.40) <sup>‡†</sup>	< .001*
Intra utterance pause duration	n.s.	n.s.	n.s.	.74 (.15) <sup>*</sup>	1.11 (.10) <sup>*§*</sup>	.73 (.13) <sup>§</sup>	.73 (.10) <sup>§</sup>	< .001*
Inter word pause duration	n.s.	n.s.	n.s.	.73 (.16) <sup>*</sup>	1.21 (.11) <sup>*§*</sup>	.71 (.15) <sup>§</sup>	.74 (.11) <sup>§</sup>	< .001*
Intra word pause duration	n.s.	n.s.	n.s.	.15 (.08)	.13 (.05)	.20 (.07)	.09 (.05)	.635
Length of utterance	n.s.	n.s.	s	15.25 (2.03) <sup>†¶</sup>	17.82 (1.39) <sup>§</sup>	9.10 (1.88) <sup>‡§†</sup>	21.08 (1.33) <sup>††</sup>	< .001*
Speech rate	n.s.	n.s.	s	3.33 (.25) <sup>‡*</sup>	2.45 (.17) <sup>*§*</sup>	1.03 (.24) <sup>‡§†</sup>	3.16 (.17) <sup>‡†</sup>	< .001*

Results of a generalized linear model analysis for total pause duration, with gender, age, years of education, and PPA subtype as predictors, and the mean and standard deviation of total pause duration, estimated using a generalized linear model with each confounding variable as a covariate.

SD= Standard deviation; s= significant; n.s.= non- significant; PPA= primary progressive aphasia; svPPA= semantic variant of PPA; lvPPA= logopenic variant of PPA; nfvPPA= nonfluent variant of PPA; NC= normal controls.

<sup>‡</sup>Significantly different in comparison between svPPA and nfvPPA, <sup>§</sup>Significantly different in comparison between lvPPA and nfvPPA, <sup>†</sup>Significantly different in comparison between NC and nfvPPA.

\* $p < .001$ .



**Figure 1.** Pause variables distribution among groups.

PPA=primary progressive aphasia; svPPA=semantic variant of PPA; lvPPA=logopenic variant of PPA; nfvPPA=nonfluent variant of PPA.

화부족형, 정상군 간 차이가 통계적으로 유의하지 않았다.

여섯째, 발화길이(즉, 발화당 음절 수) 추정값의 경우, 비유창형, 의미형, 발화부족형, 정상군 순으로 짧았는데 네 아형 간 차이가 통계적으로 유의하였다( $p < .001$ ). 또한 군 간 차이를 확인한 결과, 의미형( $15.25 \pm 2.03$ )이 정상군(발화당 음절수:  $21.08 \pm 1.33$ )보다 유의하게 짧았으며( $p = .007$ ), 비유창형( $9.10 \pm 1.88$ )이 의미형( $15.25 \pm 2.03$ ), 발화부족형( $17.82 \pm 1.39$ ), 정상군( $21.08 \pm 1.33$ )보다 유의하게 짧았다( $p = .018, p < .001, p < .001$ ).

마지막으로 발화속도(즉, 초당음절 수) 추정값의 경우, 의미형, 정상군, 발화부족형, 비유창형 순으로 빨랐으며, 네 군 간 차이가 통계적으로 유의하였다( $p < .001$ ). 발화부족형( $2.45 \pm .17$ )이 의미형( $3.33 \pm .25$ ) ( $p = .004$ )과 정상군( $3.16 \pm .17$ ) ( $p < .001$ )보다 각각 유의하게 느렸다. 또한, 비유창형( $1.03 \pm .24$ )이 의미형( $3.33 \pm .25$ ), 발화부족형( $2.45 \pm .17$ ), 정상군( $3.16 \pm .17$ )보다 각각 유의하게 느렸다( $p < .001$ ).

## 논의 및 결론

연결발화에서 관찰되는 쉼 특성은 심리언어학적 측면과 사회언어학적 양상, 인지적 처리과정을 반영하여 나타난다. 본 연구는 PPA 환자의 발화에서 나타나는 쉼을 비교, 분석함으로써 언어장애의 특성뿐 아니라 원인질환에 따른 독특한 쉼의 차이를 확인하고자 하였다. 이를 통해 각 아형별 뚜렷한 쉼의 특성을 파악하고, 아형 분류의 바이오마커로서 쉼의 유용성을 밝혔다.

본 연구의 결과에서 가장 주목할 만한 두가지 관찰점에 따른 논의점은 다음과 같다. 첫번째 관찰점으로는, 비유창형이 의미형과 발화부족형에 비해 발화속도가 느리고 발화 간 쉼 시간이 길었다는 점이다(Ash et al., 2006; Ballard et al., 2014; Gorno-Tempini et al., 2004; Matias-Guiu et al., 2022; Nevler, Ash, Irwin, Liberman, & Grossman, 2019; Potagas et al., 2022; Thomas, 2021; Wilson et al., 2010). 비유창형에서 쉼 시간이 더 긴 이유는 비유창성 및 신경학적 기전으로 설명할 수 있다. 비유창형은 높은 쉼 비율과 어휘 인출 결함, 더 많은 수의 잘못된 시작, 분당 가장 적은 단어 수의 산출 등의 비유창성을 보인다(Wilson et al., 2010). 또한 노력성 발화와 말 운동 손상으로 인한 조음기 운동 속도 감소는 조음 복잡성이 증가하는 평가 과제에서의 증가된 쉼에 영향을 설명할 수 있다(Ash et al., 2006; Keator et al., 2019; Staiger et al., 2021; Wilson et al., 2010). 이러한 발화 간 쉼 특성은 전체 쉼 시간에 반영되어 나타났다.

해부학적으로 쉼의 지속시간은 양측 중전두회(bilateral middle frontal gyrus)와 양측 하전두회(bilateral inferior frontal gyrus), 중

심앞이랑(precentral gyrus)의 부피와 상관관계가 있다(Matias-Guiu et al., 2022). 또한 하전두회(inferior frontal gyrus)가 위축되면 문법적 능력, 중전두회(middle frontal gyrus)가 위축되면 유창성, 후상측두회(posterior superior temporal gyurs)가 위축되면 반복과의 상관관계를 나타냈다(Mesulam, Wieneke, Thompson, Rogalski, & Weintraub, 2012). 즉, 비유창형의 신경해부학적 손상인 좌측 하전두엽 위축(left inferior frontal atrophy)은 문장 구성의 문법적 손상 및 음성 네트워크에서의 손상, 증가된 발화 간 쉼을 뒷받침할 수 있다(Potagas et al., 2022).

비유창형이 더 많은 쉼을 나타내는 이유 또한 신경해부학적 손상에 기인한 것으로 유추된다. 쉼 횟수는 일부 비유창형과 발화부족형의 손상 위치인 좌측 두정측두엽과 관련된다(Matias-Guiu et al., 2022). 즉, 두정측두엽의 손상은 연결발화에서 두 군의 단어 찾기 장애와 그로 인한 쉼 형성에 중요한 역할을 한다. 이때 쉼의 지속 시간은 비유창형의 손상 위치와 연관된 양측 전두엽(bilateral frontal lobe)과 관련됨에 따라, 두 군 간의 쉼 시간 양상의 차이가 감별진단에 대한 지표가 될 수 있다(Ballard et al., 2014).

한편, 발화부족형은 비유창형과 동일하게 어휘 인출 결함을 보상하기 위해 쉼을 사용하나, 말 운동 손상이 나타나지 않음에 따라 비유창형보다 비교적 짧은 쉼 시간을 보였다. 또한 이러한 아형 간 차이는 발화속도에 반영되어, 발화부족형은 어휘 인출 결함으로 쉼이 증가하여 발화속도가 느렸다면, 비유창형은 어휘 인출 결함에 따른 쉼에 느린 조음속도가 더해져 전반적인 발화속도가 느렸다(Cordella et al., 2017; Cordella et al., 2019). 발화부족형은 비유창형의 말-언어 특성 중 일부를 나타내어, 두 집단간의 감별 진단 및 임상적 식별에 어려움을 겪는다(Matias-Guiu et al., 2022). 일부 연구에서는 발화부족형을 의미형과 비유창형 사이의 집단으로 보고 하며(Nevler et al., 2019; Potagas et al., 2022), 조음과 문법 측면에서는 ‘유창한’ 실어증으로, 단어 찾기의 어려움으로 인한 긴 쉼과 느린 말 속도의 측면에서는 ‘비유창한’ 실어증으로 분류하였다(Gorno-Tempini et al., 2008). 정리하면, 발화부족형은 비유창형에 비해 짧은 쉼 시간, 낮은 쉼 비율 및 빠른 발화속도와 긴 발화길이를 나타냈다(Ballard et al., 2014; Cho et al., 2021; Cordella et al., 2017; Matias-Guiu et al., 2022; Wilson et al., 2010).

본 연구의 두번째 관찰점으로는, 발화부족형과 의미형은 발화속도에 차이가 없음에도 불구하고 발화부족형이 발화 내 어절 간 쉼 시간이 길었다는 점이다(Ballard et al., 2015; Baqué & Machuca, 2023; Gorno-Tempini et al., 2004; Wilson et al., 2010). 어절은 맞춤법에서 띄어쓰기 단위로 나타나 독립적인 단위로 인식되며, 사이에 쉼이 나타나게 된다(Kim, 2021; Lee, 1990). 발화부족형이 어절 간

에서 쉽을 길게 씌 이유는 문법과 조음능력은 유지되나, 음운론적 장애 및 일시 중지 후 문장 수정을 보이는 비유창적 특징을 나타내기 때문이다(Cordella et al., 2017; Gorno-Tempin et al., 2004; Kertesz, Davidson, McCabe, Takagi, & Munoz, 2003; Weintraub, Rubin, & Mesulam, 1990). 또한 의미형보다 발화 속도가 감소하고, 쉽이 더 많은 특징을 반영한다(Ghosh, 2030; Gorno-Tempin et al., 2008; Matias-Guiu et al., 2022; Mesulam et al., 2008; Mesulam et al., 2012; Wilson et al., 2010).

발화부족형, 의미형 모두 어휘인출 결함의 특징을 보이나, 발화부족형은 이를 보상하기 위한 전략으로 사용한 빈번한 쉽(Mueller et al., 2016; Rohrer, Rossor, & Warren, 2012; Wilson et al., 2010), 간투사(Cho et al., 2022; Ha, Jung, & Sim, 2009; Kim, 2006)를 사용한다. 반면, 의미형은 특정 단어 명명에 어려움을 정확한 단어를 찾으려는 시도보다는 일반적인 용어로 이를 대체해서 사용하고(Ash et al., 2006; Ghosh, 2020), 에둘러 말하기를 사용하여 빠른 발화속도와 비교적 짧은 쉽이 관찰된다(Gorno-Tempin et al., 2008). 또한 의미형은 말-언어적 손상이 단단어 이름대기 및 의미 손상에서 비롯되어(Potagas et al., 2022; Utianski, 2019), 초기 단계에서 단단어 이름대기보다 연결발화에서의 말-언어적 변화가 적게 나타날 수 있다(Matias-Guiu et al., 2022; Rohrer et al., 2012). 이에 의미형 연결발화에서 비교적 유창한 초분절적 언어 양상이 나타난다.

발화부족형의 어절 간 쉽의 특성은 발화 내 쉽에 반영되어 나타났으며, 의미형과 비교했을 때, 발화부족형의 비유창적 특징은 비유창 실어증 환자의 경우 발화 내에서 1,000 ms 이상의 긴 쉽을 가장 빈번하게 사용한 반면, 유창한 실어증 환자의 경우 250 ms 미만의 짧거나 중간 정도 길이의 쉽을 사용했다는 선행연구의 결과와 일치한다(Thomas, 2021).

한편, 발화부족형과 의미형 간의 쉽 시간 및 비율 모두에서 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 정상군과의 차이만이 유의하였다고 밝힌 선행연구와는 일치하지 않는 결과이다(Matias-Guiu et al., 2022; Nevler et al., 2019; Potagas et al., 2022; Wilson et al., 2010). 그 이유를 추정해보자면, 본 연구에서 간투사를 쉽에 포함시킨 것과 달리 선행연구에서는 음성이 없는 구간만을 측정된 것에 영향을 받았을 수 있다. 또한 한국어와 달리 음절의 경계가 뚜렷하지 않은 영어의 발화 내 쉽을 어절 간, 어절 내로 세분화하여 구분하지 않고 분석하여, 두 아형 간의 유의미한 차이가 발견되지 않았을 수 있다.

또한, 발화 간 쉽 시간의 결과와 대조적으로, 비유창형의 어절 간 쉽은 발화부족형에 비해 짧았다. 이는 비유창형의 짧은 발화길이와 낮은 발화당 종속절의 비율, 문법적으로 복잡한 문장을 생성하는데 있어서의 어려움이(Ash et al., 2013) 쉽에 반영되었기 때문이

다. 즉, 비유창형은 쉽이 나타날 수 있는 단위인 어절 구간의 횟수가 두 아형에 비해 적게 발생함에 따라 어절 간 쉽의 길이가 짧게 나타났다. 더하여 총 발화 시간에 비해 비유창형의 낮은 평균 어절 수는 발화부족형과 비교했을 때, 비유창형의 느린 발화 속도를 설명할 수 있다(Cioffi et al., 2016).

결론적으로 본 연구는 PPA 연결발화에서 ‘쉽’의 발생 위치, 즉 발화 간, 어절 간, 어절 내로 분류, 분석한 자료를 통해 아형 분류에 공헌할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한 그림설명, 일상 대화 등 다양한 발화 상황에서 간편한 스크리닝 지표로서 쉽을 적용한 점에서 연구의 의미를 찾을 수 있다. 후속연구로는 어휘의 빈도와 길이, 품사에 따른 쉽의 특성에 대한 분석을 제안하는 바이다.

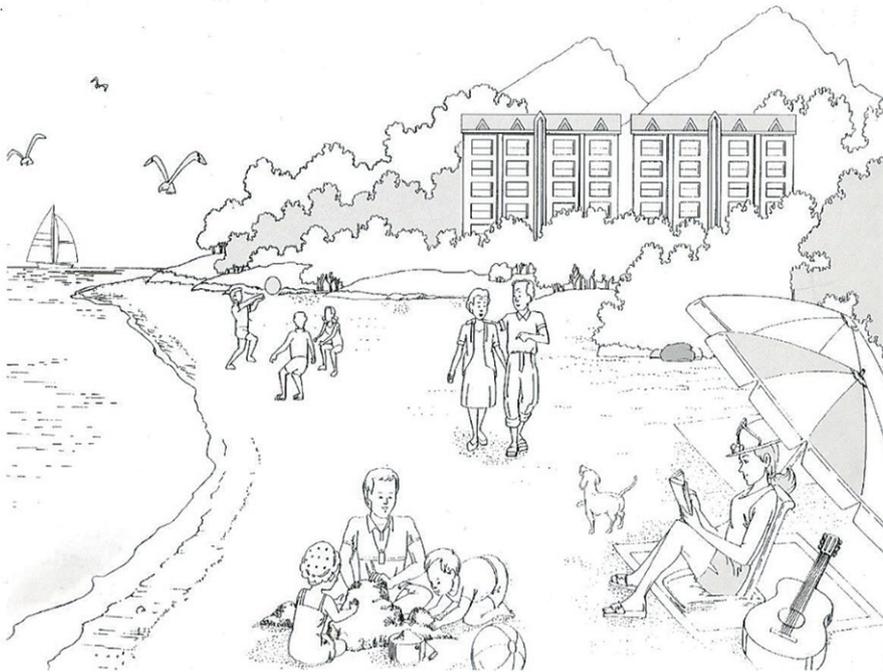
## REFERENCES

- Angelopoulou, G., Kasselimis, D., Makrydakis, G., Varkanitsa, M., Roussos, P., Goutsos, D., ... & Potagas, C. (2018). Silent pauses in aphasia. *Neuropsychologia*, 114, 41-49.
- Ash, S., Evans, E., O'Shea, J., Powers, J., Boller, A., Weinberg, D., ... & Grossman, M. (2013). Differentiating primary progressive aphasias in a brief sample of connected speech. *Neurology*, 81(4), 329-336.
- Ash, S., Moore, P., Antani, S., McCawley, G., Work, M., & Grossman, M. (2006). Trying to tell a tale: discourse impairments in progressive aphasia and frontotemporal dementia. *Neurology*, 66(9), 1405-1413.
- Ballard, K. J., Savage, S., Leyton, C. E., Vogel, A. P., Hornberger, M., & Hodges, J. R. (2014). Logopenic and nonfluent variants of primary progressive aphasia are differentiated by acoustic measures of speech production. *PLoS One*, 9(2), e89864.
- Baqué, L., & Machuca, M. J. (2023). Hesitations in primary progressive aphasia. *Languages*, 8(1), 1-44.
- Cho, A. Y. (2023). *Speech rate and pause characteristics of primary progressive aphasia: a comparison between logopenic and semantic variants* (Master's thesis). Yonsei University, Seoul, Korea.
- Cho, S., Cousins, K. A. Q., Shellikeri, S., Ash, S., Irwin, D. J., Liberman, M. Y., ... & Nevler, N. (2022). Lexical and acoustic speech features relating to Alzheimer disease pathology. *Neurology*, 99(4), e313-e322.
- Cho, S., Nevler, N., Ash, S., Shellikeri, S., Irwin, D. J., Massimo, L., ... & Liberman, M. (2021). Automated analysis of lexical features in frontotemporal degeneration. *Cortex*, 137, 215-231.
- Cioffi, S. M., Galimberti, D., Barocco, F., Spallazzi, M., Fenoglio, C., Serpente, M., ... & Caffarra, P. (2016). Non fluent variant of primary progressive

- aphasia due to the novel GRN g. 9543delA (IVS3-2delA) mutation. *Journal of Alzheimer's Disease*, 54(2), 717-721.
- Cordella, C., Dickerson, B. C., Quimby, M., Yunusova, Y., & Green, J. R. (2017). Slowed articulation rate is a sensitive diagnostic marker for identifying non-fluent primary progressive aphasia. *Aphasiology*, 31(2), 241-260.
- Cordella, C., Quimby, M., Touroutoglou, A., Brickhouse, M., Dickerson, B. C., & Green, J. R. (2019). Quantification of motor speech impairment and its anatomic basis in primary progressive aphasia. *Neurology*, 92(17), e1992-e2004.
- Gayraud, F., Lee, H. R., & Barkat-Defradas, M. (2011). Syntactic and lexical context of pauses and hesitations in the discourse of Alzheimer patients and healthy elderly subjects. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 25(3), 198-209.
- Ghosh, A. (2020). Language breakdown in primary progressive aphasias. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 23(2), S67-S72.
- Gorno-Tempini, M. L., Brambati, S. M., Ginex, V., Ogar, J., Dronkers, N. F., Marcone, A., ..., & Miller, B. L. (2008). The logopenic/phonological variant of primary progressive aphasia. *Neurology*, 71(16), 1227-1234.
- Gorno-Tempini, M. L., Dronkers, N. F., Rankin, K. P., Ogar, J. M., Phengrasamy, L., Rosen, H. J., ..., & Miller, B. L. (2004). Cognition and anatomy in three variants of primary progressive aphasia. *Annals of Neurology*, 55(3), 335-346.
- Gorno-Tempini, M. L., Hillis, A. E., Weintraub, S., Kertesz, A., Mendez, M., Cappa, S. F., ..., & Grossman, M. (2011). Classification of primary progressive aphasia and its variants. *Neurology*, 76(11), 1006-1014.
- Ha, J. W., Jung, Y. H., & Sim, H. S. (2009). The functional characteristics of fillers in the utterances of dementia of Alzheimer's type, questionable dementia, and normal elders. *Korean Journal of Communication & Disorders*, 14(4), 514-530.
- Keator, L. M., Wright, A. E., Saxena, S., Kim, K., Demsky, C., Sebastian, R., ..., & Tippett, D. C. (2019). Distinguishing logopenic from semantic & non-fluent variant primary progressive aphasia: patterns of linguistic and behavioral correlations. *Neurocase*, 25(3-4), 98-105.
- Kertesz, A., Davidson, W., McCabe, P., Takagi, K., & Munoz, D. (2003). Primary progressive aphasia: diagnosis, varieties, evolution. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9(5), 710-719.
- Kim, H., & Na, D. L. (2012). *Paradise Korean-Western aphasia battery (revised)*. Seoul: Paradise.
- Kim, H., Kwon, M., Na, D. L., Choi, S. S., Lee, K. H., & Chung, C. S. (1998). Decision making in fluency measures of aphasic spontaneous speech. *Korean Journal of Communication & Disorders*, 3, 5-19.
- Kim, J. W. (2006). *Spontaneous speech traits in patients with Alzheimer's disease* (Master's thesis). Yonsei University, Seoul, Korea.
- Kim, K. H. (2021). The comprehensive review on the eojool. *The Journal of Humanities studies*, 62, 249-278.
- Kim, Y., Lee, S. M., Choi, M. K., Jung, S. M., Sung, J. E., & Lee, Y. (2022). The effects of speakers' age on temporal features of speech among healthy young, middle-aged, and older adults. *Phonetics & Speech Sciences*, 14(1), 37-47.
- Lee, K. G. (1990). Word structure in Korean. *Studies in linguistics*, 2, 1-10.
- Marshall, C. R., Hardy, C. J., Volkmer, A., Russell, L. L., Bond, R. L., Fletcher, P. D., ..., & Warren, J. D. (2018). Primary progressive aphasia: a clinical approach. *Journal of Neurology*, 265, 1474-1490.
- Matias-Guiu, J. A., Suárez-Coalla, P., Yus, M., Pytel, V., Hernández-Lorenzo, L., Delgado-Alonso, C., ..., & Cuetos, F. (2022). Identification of the main components of spontaneous speech in primary progressive aphasia and their neural underpinnings using multimodal MRI and FDG-PET imaging. *Cortex*, 146, 141-160.
- Mesulam, M. M. (1982). Slowly progressive aphasia without generalized dementia. *Annals of Neurology*, 11(6), 592-598.
- Mesulam, M., Wicklund, A., Johnson, N., Rogalski, E., Léger, G. C., Rademaker, A., ..., & Bigio, E. H. (2008). Alzheimer and frontotemporal pathology in subsets of primary progressive aphasia. *Annals of Neurology*, 63(6), 709-719.
- Mesulam, M. M., Wieneke, C., Thompson, C., Rogalski, E., & Weintraub, S. (2012). Quantitative classification of primary progressive aphasia at early and mild impairment stages. *Brain*, 135(5), 1537-1553.
- Mueller, K. D., Kosciak, R. L., Turkstra, L. S., Riedeman, S. K., LaRue, A., Clark, L. R., ..., & Johnson, S. C. (2016). Connected language in late middle-aged adults at risk for Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 54(4), 1539-1550.
- Nevler, N., Ash, S., Irwin, D. J., Liberman, M., & Grossman, M. (2019). Validated automatic speech biomarkers in primary progressive aphasia. *Annals of Clinical & Translational Neurology*, 6(1), 4-14.
- Potagas, C., Nikitopoulou, Z., Angelopoulou, G., Kasselimis, D., Laskaris, N., Kourtidou, E., ..., & Kapaki, E. (2022). Silent pauses and speech indices as biomarkers for primary progressive aphasia. *Medicina*, 58(10), 1-17.
- Ratnavalli, E. (2010). Progress in the last decade in our understanding of primary progressive aphasia. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 13(2), S109-S115.
- Rohrer, J. D., Rossor, M. N., & Warren, J. D. (2012). Alzheimer's pathology in

- primary progressive aphasia. *Neurobiology of Aging*, 33(4), 744-752.
- Santos-Santos, M. A., Mandelli, M. L., Binney, R. J., Ogar, J., Wilson, S. M., Henry, M. L., ..., & Gorno-Tempini, M. L. (2016). Features of patients with nonfluent/agrammatic primary progressive aphasia with underlying progressive supranuclear palsy pathology or corticobasal degeneration. *JAMA Neurology*, 73(6), 733-742.
- Sonty, S. P., Mesulam, M. M., Thompson, C. K., Johnson, N. A., Weintraub, S., Parrish, T. B., & Gitelman, D. R. (2003). Primary progressive aphasia: PPA and the language network. *Annals of Neurology*, 53(1), 35-49.
- Staiger, A., Schroeter, M. L., Ziegler, W., Schölderle, T., Anderl-Straub, S., Danek, A., ..., & German FTL D Consortium. (2021). Motor speech disorders in the nonfluent, semantic and logopenic variants of primary progressive aphasia. *Cortex*, 140, 66-79.
- Thomas, B. K. (2021). *Quantifying speech pause durations in speakers with nonfluent and fluent aphasia* (Master's thesis). Brigham Young University, Utah, USA.
- Utianski, R. L. (Ed.). (2019). *Primary progressive aphasia and other frontotemporal dementias: diagnosis and treatment of associated communication disorders* (Vol. 1). Plural Publishing.
- Weintraub, S., Rubin, N. P., & Mesulam, M. M. (1990). Primary progressive aphasia: longitudinal course, neuropsychological profile, and language features. *Archives of Neurology*, 47(12), 1329-1335.
- Wilson, S. M., Henry, M. L., Besbris, M., Ogar, J. M., Dronkers, N. E., Jarrold, W., ..., & Gorno-Tempini, M. L. (2010). Connected speech production in three variants of primary progressive aphasia. *Brain*, 133(7), 2069-2088.
- Yoo, D. Y. (2022). *Temporal structure of utterance in Korean* (Doctoral thesis). Korea University, Seoul, Korea.

**Appendix 1.** Stimulus of beach scene for picture description (from PK-WAB-R; Kim & Na, 2012)



## 국문초록

### 원발진행실어증 환자의 세 아형별 발화 위치에 따른 쉼 특성

김현수<sup>1</sup> · 김덕용<sup>2</sup> · 예병석<sup>3</sup> · 김향희<sup>2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 대학원 언어병리학협동과정, <sup>2</sup>연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소, <sup>3</sup>연세대학교 의과대학 신경과학교실

**배경 및 목적:** 원발진행실어증(primary progressive aphasia, PPA)의 발화 생성 시 나타나는 쉼(pause)은 PPA 아형 분류 및 조기 진단을 위한 간단하고도 신뢰로운 바이오마커가 될 수 있다. 본 연구에서는 그림설명하기 과제를 통해 나타나는 PPA의 쉼의 특성을 살펴보고자 하였다. **방법:** 연구 대상자는 의미형(semantic variant, 의미형) 9명, 발화부족형(logopenic variant, 발화부족형) 19명, 비유창형(nonfluent variant, 비유창형) 11명과 정상 대조군 21명을 포함하여 총 60명이었다. 대상자들이 산출한 발화는 전사 후, 음향학적 분석 프로그램인 Praat을 사용하여 쉼 시간을 측정하였으며, 쉼 시간은 발화 간, 발화 내, 어절 간, 어절 내로 구분하였다. **결과:** 비유창형은 의미형이나 발화부족형에 비해 발화 속도가 느리며, 발화 간 쉼 시간이 길었다. 한편, 발화부족형은 의미형에 비해 발화 내에서 위치한 어절 간 쉼 시간이 길었다. **논의 및 결론:** 아형별로 발화 속도 및 발화 쉼 시간이 다른 특성을 보이는데, 특히 비유창형이 조음복잡성이 증가된 시점에서 노력성 발화가 발생하는 것은 신경해부학적 손상에 기인한다. 발화부족형은 발화 내 어휘 인출 결함을 보상하기 위해 쉼을 사용하는 경향을 보이는 것으로 해석된다. 본 연구는 원발진행실어증의 아형별 발화에서 쉼 특징을 음향학적으로 연구했다는 데 의의가 있다.

**핵심어:** 원발진행실어증, 아형, 그림설명 과제, 쉼 시간

## 참고문헌

- 김진희 (2021). 어절에 대한 종합적 고찰. *인문학연구*, 62, 249-278.
- 김예지, 이송민, 최민경, 정상민, 성지은, 이영미 (2022). 연령세대에 따른 말 산출의 시간적 특성: 말속도와 쉼을 중심으로. *말소리와 음성과학*, 14(1), 37-47.
- 김정완 (2006). *알츠하이머성 치매환자의 발화 특성*. 연세대학교 대학원 석사학위논문.
- 김향희, 권미선, 나덕렬, 최상숙, 이광호, 정진상 (1998). 실어증환자 자발화의 유창성 연구. *언어청각장애연구*, 3, 5-19.
- 김향희, 나덕렬 (2012). *한국판-웨스턴 실어증 검사-개정판*. 서울: 파라다이스 복지재단.
- 유도영 (2022). *한국어 발화의 시간 구조*. 고려대학교 대학원 박사학위논문.
- 이기갑 (1990). 한국어의 어절 구조. *언어연구*, 2, 1-10.
- 조아영 (2023). *원발진행실어증의 말속도 및 쉼 특성*. 연세대학교 대학원 석사학위논문.
- 하지원, 정운희, 심현섭. (2009). 알츠하이머 치매 및 치매의심 집단과 정상 노인의 발화 비교분석을 통한 삽입어 (filler)의 기능 연구. *언어청각장애연구*, 14(4), 514-530.

## ORCID

김현수(제1저자, 대학원생 <https://orcid.org/0009-0002-8818-4192>); 김덕용(공동저자, 교수 <https://orcid.org/0000-0001-7622-6311>); 예병석(교신저자, 교수 <https://orcid.org/0000-0003-0187-8440>); 김향희(교신저자, 교수 <https://orcid.org/0000-0003-4949-2512>)