The Journal of Studies in Language

The Journal of Studies in Language 39(4), 403-416 (2024)

3D/4D 초음파 기술을 이용한 한국어 어간말 자음군 /lk/의 조음 연구

황영

전주대학교

An Ultrasound Study of Korean Stem-final Consonant Cluster /lk/

Hwang, Young

Jeonju University

ABSTRACT

The Journal of Studies in Language **39.4, 403-416**. The current study examines the articulatory realization of the consonant cluster /lk-t/ in Korean, comparing it with the relevant single coda consonants /l-t/ and /k-t/, using 3D/4D ultrasound technology. The results of this study reveal that none of the /lk-t/ clusters produced by the four speakers was simplified. For three participants, clear sequences of the three consonants were exhibited from the ultrasound images. However, the consonants [l] and [k] in the cluster were heavily coarticulated. They thus displayed tongue shapes that were quite different from the corresponding single codas [l] and [k]. For one participant, the stem-final consonant cluster /lk/ was coalesced and articulated as a consonant with both /l/ and /k/ articulatory characteristics. **(Jeonju University)**

Keywords: consonant cluster, 3D/4D ultrasound, articulatory study, coarticulation, coalescence

OPEN ACCESS

https://doi.org/10.18627/jslg.39.4.202402.403

pISSN : 1225-4770
eISSN : 2671-6151

Received: January 16, 2024

Revised: February 03, 2024

Accepted: February 15, 2024

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2024 the Modern Linguistic Society of Korea

본인이 투고한 논문은 다른 학술지에 게재된 적이 없으며 타인의 논문을 표절하지 않았음을 서약합니다. 추후 중복게재 혹은 표절된 것으로 밝혀질 시에는 논문게재 취소와 일정 기간 논문 제출의 제한 조치를 받게 됨을 인지하고 있습니다.

1. 서 론

한국어의 최대 음절 구조는 /CGVC/이며(여기서 G는 /j/ 혹은 /w/), 표기법상으로는 어간말 자음군이 허용되지만(예: 젊다, 앉다), 실제 발음에서는 종성 위치에 자음을 하나만 허용하는 음운론적 제약을 가진다. 예를 들어, 종성의 기저형에 두 개의 자음(C_1C_2)을 가진 용언 어간 '젊-'과 '앉-'의 후행음절이 모음으로 시작하는 경우, 두 번째 자음(C_2)이 후행음절의 어두 자음으로 재음절화 되어 '젊어'는 [절머]로, '앉아'는 [안자]로 실현된다. 만약 후행음절이 '-다'와 같은 자음(C_3)으로 시작하면 두 개의 종성 자음(C_1C_2) 중 하나가 탈락하는 자음군 단순화가 일어나 '젊다'는 [점따]로(C_1탈락), '앉다'는 [안따](C_2탈락)로 실현된다. 탈락하는 자음은 자음군의 종류와 방언에 따라 결정된다(Cho, 1990; Kim-Renaud, 1974).

후행음절이 자음으로 시작하는 환경에서 대부분의 어간말 자음군이 일관성 있는 자음군 단순화 패턴을 보이지만, 최근 연구들은 용언의 어간말 자음군 /ㄹㄱ/과 /ㄹㅂ/의 실제 발음이 아래의 <표 1>에 제시된 발음형과 같이 다양한 형태로 실현된다는 것을 보여준다(김정윤 · 강은지, 2021; 남경완 · 오재혁, 2009; Cho and Kim, 2009; Cho, 1990; Iverson and Lee, 1994; Jun, 1998).

표 1. 어간말 자음군 발음형

기저형	단어 예	C_1만 발음	C_2만 발음	C_1C_2 모두 발음
/ㄹㄱ/	밝다	[발따]	[박따]	[밝따]
/ㄹㅂ/	밟다	[발따]	[밥따]	[밟따]

어간말 자음군 /ㄹㄱ/과 /ㄹㅂ/의 발음에 관한 최근 연구들은 20대와 30대 화자들의 발화에서 크게 두 가지의 발음 변이 패턴이 나타나고 있음을 보여준다. 첫 번째로, 자음군 단순화가 일어나는 경우 C_2의 종류와 상관없이 C_1인 /ㄹ/이 단독으로 발화되는 비율이 증가하고 있으며, 대부분의 방언에서 비슷한 변화가 일어나고 있다(김연희, 2013; 남경완 · 오재혁, 2009; 박시균, 2011; 하영우 · 오재혁, 2019). 예를 들어, '읽다'와 같이 어간말 자음군 /ㄹㄱ/ 뒤에 자음이 오는 경우, 표준발음에 의하면 C_1이 탈락하여 [익따]로 발음되어야 하지만[1] Cho(1999)에서는 29%, Cho와 Kim(2009)에서는 44.6%, 김정윤과 강은지(2021)에서는 61%의 /ㄹㄱ/ 발화에서 C_2가 탈락하여 [일따]와 같이 발음되었으며, 그 선호도가 점점 더 증가하고 있는 것으로 보인다. 두 번째로, 자음군 단순화가 선택사항이 되고 있으며, 어간말 자음군의 두 자음(C_1C_2)이 모두 발음되는 비율이 점차적으로 증가하고 있다(강은지 외, 2004; 강은지, 2004; 김정윤 · 강은지, 2021; 박시균, 2011; Cho and Kim, 2009). 예를 들어, 어간말 자음군 /ㄹㄱ/과 /ㄹㅂ/ 뒤에 자음이 오는 경우 표준발음에 따르면 C_1이나 C_2가 탈락하는 자음군 단순화가 일어나야 하지만, Cho와 Kim(2009)에서는 /ㄹㄱ/의 24.6%와 /ㄹㅂ/의 38.3%에서, 김정윤과 강은지(2021)에서는 /ㄹㄱ/의 32.8%와, /ㄹㅂ/의 68.5%에서 자음군 단순화가 일어나지 않았다. 즉, 젊은 화자들에게서 자음군 단순화가 일어나는 비율이 점차 줄어들고 있으며, 두 자음(C_1C_2)을 모두 발음하는 비율이 증가하고 있다.

지금까지 한국어 어간말 자음군 발음에 관하여 많은 연구들이 이루어졌지만, 대부분의 선행연구는 연구자의 직관에 근거한 관찰(Jun, 1998; Kim-Renaud, 1974; Sohn, 1999), 청각을 통한 인지실험(김선철, 2003; 김연희, 2013; 김한결 · 김선희, 2016; 박시균, 2011; 하영우 · 오재혁, 2019; Cho and Kim, 2009; Cho, 2010), 음향분석(강은지, 2004; 김정윤 · 강은지, 2021; 남경완 · 오재혁, 2009;), 설문(강은지 외, 2004; 김수영, 2022; 김기유 · 엄홍준, 2019) 등에 근거하였으며, 어간말 자음군 발화에서의 혀 움직임을 직접적으로 관찰하는 조음 연구는 거의 이루어지지 않았다. 이러한 청각단서와 음향단서들은 자음의 존재 유무에 대한 정보를 제공할 수는 있지만 각 자음이 어떤 형태로 발음되었는지에 대한 조음적 정보를 제공하지는 않는다. 뿐만 아니라 연구자의 직관에 근거한 관찰, 청취 실험, 설문 등의 기존 연구방법은 겹자음 발음의 실현형을 측정하고 분석하는 데 있어 정확도와 신뢰도를 제시하기 어려운 단점이 있으며, 겹자음 발음에서 나타나는 음향단서를 정량적으로 측정하는 음향분석 또한 혀의 움직임을 직접적으로 관찰하는 것이 아니라 폐쇄공백의 길이, 폐쇄공백에서의 파열 소음, 포먼트 값 등을 바탕으로 혀의 움직임을 간접적으로 분석할 수밖에 없으므로 어간말 자음군 발음의 실현형을 정확하게 측정하는 데 한계를 가진다. 즉, 한국어의 어간말 자음군의 실현양상을 종합적으로 이해하기 위해

1) '밝고, 읽고'와 같이 뒤 따르는 자음이 /ㄱ/인 경우에는 예외적으로 C_1을 표준형으로 삼아 [발꼬], [일꼬]와 같이 발음한다.

서는 청각 및 음향 단서를 활용하는 것뿐만 아니라 혀의 움직임을 직접 관찰하는 조음 연구가 함께 이루어져야 한다.

한국어의 어간말 자음군 발음의 음향적 특징을 정량적으로 측정하고 분석한 연구는 김정윤과 강은지(2021)를 대표적인 예시로 들 수 있다. 이 연구는 한국어 어간말 자음군의 발음에서 나타나는 음향적 특징을 구체적으로 분석하고 발음의 변이 양상과 원인을 파악하여 한국어 어간말 자음군에 대한 음성학적 이해도를 높였으나, 음향분석과 청취 실험만으로는 어간말 자음군 발음의 실현 양상을 명확히 분석하는 데 한계가 있다는 것을 보여주기도 한다. 김정윤과 강은지(2021)는 한국어 어간말 자음군의 음향분석 과정에서 측정기준으로 사용한 음향단서들(폐쇄공백의 길이 차이 또는 폐쇄공백에서의 파열소음 등)이 명확하고 일관성있게 관찰되지 않아 정확한 측정에 어려움이 있었다고 보고하였으며, 다른 어간말 자음군에 비해 특히 /ㄹㄱ/이 두 자음으로 발화될 때 이에 대한 명확한 음향단서가 나타나는 비율이 현저히 낮았다고 보고하였다. 이 연구의 청각분석 실험에서 참가자들은 /ㄹㅁ/의 26.2%, /ㄹㅂ/의 68.5%, /ㄹㄱ/의 32.8%에서 두 자음이 모두 발화되었다고 판단하였다. 하지만 이 토큰들의 청각적 명료도를 1-3의 스케일(1-명료도 낮음, 3-명료도 높음)로 측정한 결과 /ㄹㅁ/에서는 85.9%, /ㄹㅂ/에서는 77.4%가 2점 이상을 받았지만 /ㄹㄱ/에서는 54%만이 2점 이상을 받았다. 즉, 두 자음이 모두 실현되었다고 판단된 경우에도 /ㄹㄱ/에서 두 자음이 분명하게 들리는 비율은 다른 어간말 자음군에 비해 현저히 낮았다.

김정윤과 강은지(2021)는 어간말 자음군 /ㄹㄱ/에서 두 자음 발화의 음향단서가 명확히 구분되어 나타나지 않는 현상과, 이러한 토큰의 청각적 명료도가 다른 어간말 자음군에 비해 낮은 이유가 C_1과 C_2가 독립된 조음기관을 사용하지 않는데 있다고 주장하였다. 다시 말해, /ㄹㅂ/처럼 C_1과 C_2가 각각 설단음과 양순음으로 독립된 조음기관을 사용하는 경우 두 자음이 순차적으로 발음되어 각 자음의 음향단서가 비교적 명확하게 들리지만, /ㄹㄱ/은 C_1과 C_2가 독립된 조음기관을 사용하지 않기 때문에 두 자음을 구분하여 순차적으로 발음하는 것이 상대적으로 어렵고, 그러므로 두 자음이 구분되어 발음되기보다는 동시조음의 형태로 발음될 가능성이 높을 것이라 판단하였다. 하지만 이러한 추정 또한 청각단서와 음향단서를 기반으로 혀의 움직임을 간접적으로 분석한 것이며, 각 자음의 조음양상을 명확히 파악하기 위해서는 혀의 움직임을 직접 관찰하는 조음 분석이 함께 이루어져야 한다.

이 연구는 3D/4D 초음파 기술을 이용하여 한국어의 어간말 자음군 /ㄹㄱ/이 자음 /ㄷ/으로 시작하는 어미 앞에서 어떻게 실현되는지 관찰하고, 같은 위치에서 발음되는 어간말 단자음 /ㄹ/, /ㄱ/과 어떤 조음적 차이를 보이는지 비교 분석하는 것을 목표로 한다.

2. 연구 방법

2.1 실험 참가자

서울·경기 지역에서 태어나고 자란 4명의 여성 한국어 원어민 화자(만 22-26세, 평균 연령=24.2세)가 실험에 참여하였다. 실험에 참여할 당시 참가자들은 미국 인디애나 주립대에 재학 중이었으며, 이들이 미국에 거주한 기간은 3개월에서 3.5년이었다(평균 거주기간=1.8년).

2.2 실험 단어 선정

현대 국어에서 어간말 자음군 /ㄹㄱ/을 가지는 용언 어휘는 총 13개이다(읽, 밝, 맑, 붉, 늙, 낡, 긁, 굵, 얽, 옭, 묽, 앍, 갉).

남경완과 오재혁(2009: 133)에서 <21세기 세종계획>에서 배포한 코퍼스를 분석한 결과를 참고하면 이 용언들이 자음 앞에서 출현하는 빈도는 '읽', '밝', '붉', '늙', '맑' 순으로 높았다. 이 다섯 개의 용언 중 /ㄹ/과 /ㄱ/의 혀모양에 영향을 줄 수 있는 고모음을 가진 용언을 제외하면 '밝'과 '맑'이 남는데, 이 중 어미 '-다'와 결합하였을 때 종성에 자음군 /ㄹㄱ/ 대신 단자음 /ㄹ/과 /ㄱ/을 가지는 용언이 존재하여 단자음 발음과의 비교가 가능한 용언 '맑'을 최종적으로 선정하였다. 발화 실험에 사용된 단어는 <표 2>에 제시되었다.

표 2. 실험 단어

/lk-t/	/l-t/	/k-t/
/malk-ta/ 맑다	/mal-ta/ 말다	/mak-ta/ 막다

2.3 실험 방법

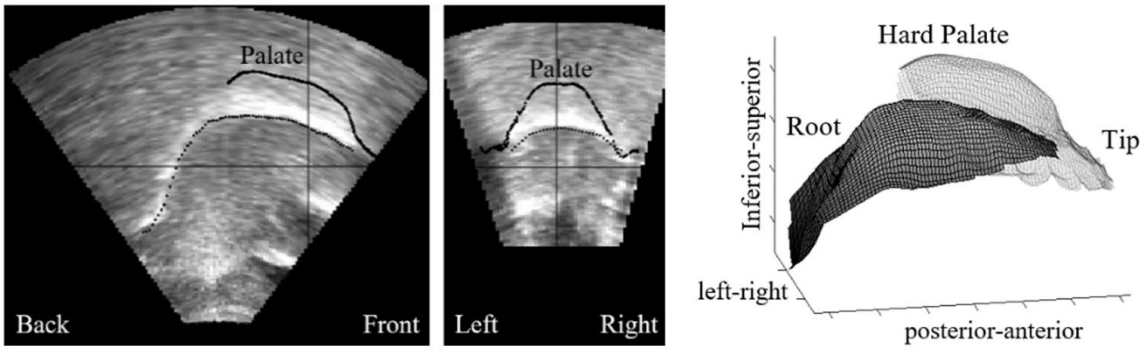
발화 실험은 이중 방음처리 된 녹음 부스에서 진행되었으며, 참가자들은 3D/4D 초음파 변환기(Philips xMatrix x6-1 digital 3D/4D transducer)가 부착된 특수 헬멧을 착용한 뒤 스크린에 제시된 단어를 읽었다. 각 실험단어는 두 번씩 제시되었으며, 참가자들이 발화실험의 목적을 알아채는 것을 방지하기 위해 실험과 상관없는 단어 10개가 함께 제시되었다. 해당 발음의 3D/4D 초음파 데이터는 Philips 3D/4D EPIQ 7G 초음파 기계를 통해 1초당 21.5프레임의 속도로(프레임당 약 46.5 ms 간격) 녹화하였으며, 음향신호는 SHURE KSM32 마이크를 사용하여 48kHz로 동시 녹음하였다. 초음파 데이터는 각 프레임당 385~389개의 혀의 단면이 촬영되었고(시상면(sagittal plane) 64개, 관상면(coronal plane) 115~116개, 수평면(horizontal plane) 205~209개), 이후 이 단면들을 결합하여 참가자들의 발화에서 나타나는 혀의 모양을 3D로 구현하였다. 발화 실험이 끝난 후 치과용 알긴산염 인상재(dental alginate)를 사용하여 참가자들의 입천장을 입체적으로 본뜨고, 3D 스캐너(NextEngine Desktop 3D Scanner)를 사용해 디지털화하였다. 디지털화된 3D 입천장 데이터는 초음파 데이터와 결합하여 참가자들의 혀의 위치와 움직임을 정확하게 분석하는데 사용되었다.

2.4 3D/4D 초음파 데이터 분석

초음파 데이터, 입천장 데이터, 음향신호 데이터는 MATLAB에서 툴박스 WASL을 이용해 결합하였으며, 이를 토대로 혀 모양에 대한 질적 분석을 진행하였다. 어간말 자음군 /ㄹㄱ/을 포함하는 단어 '맑다'의 발화에서는 연속하는 세 자음 /ㄹㄱㄷ/의 혀 모양을 모두 관찰하기 위해 시간순으로 다섯 개의 연속되는 컷(약 186 ms 구간)을 분석하였다. 분석에 사용된 다섯 컷은 /ㄹㄱㄷ/의 마지막 자음인 /ㄷ/의 혀 모양이 명확히 관찰되는 컷을 마지막 컷으로 설정한 뒤 앞의 네 컷을 추가하여 연속된 다섯 컷을 선정하였다. 어간말 단자음 /ㄹ/과 /ㄱ/을 포함하는 단어 '말다'와 '막다'의 발음에서는 각각 자음 /ㄹ/의 공명구간과 /ㄱ/의 폐쇄구간의 중간 위치에서 하나의 컷이 분석되었다.

분석에는 각 참가자의 혀 모양과 입천장의 위치를 측면에서 본 2D 초음파 이미지(<그림 1(a)>), 혀 모양과 입천장의 위치를 정면에서 본 2D 초음파 이미지(<그림 1(b)>), 혀와 입천장을 3D로 구현한 데이터(<그림 1(c)>)가 모두 종합적으로 사용되었으며, 각 데이터의 예시는 <그림 1>에 제시되어 있다. <그림 1(a)>의 측면 2D 초음파 이미지와 1(c)의 3D 데

이터는 얼굴이 오른쪽을 향하고 있는 상태로 제시되었으며, <그림 1(b)>의 정면 2D 초음파 이미지는 머리 뒷부분을 바라보고 있는 상태에서의 단면을 제시하여 혀의 왼쪽이 그림의 왼쪽에, 혀의 오른쪽이 그림의 오른쪽에 위치한다. <그림 1(a)>와 <그림 1(b)>에 제시된 2D 초음파 이미지에서 입천장(Palate)은 진한 검은색 선으로 표시되어 있고, 혀의 표면은 검은 점선으로 표시되어 있으며, 측면에서 본 이미지(<그림 1(a)>)와 정면에서 본 이미지(<그림 1(b)>)의 교차지점은 십자선으로 표시되어 있다. <그림 1(c)>에 제시된 혀와 입천장의 3D 초음파 데이터 이미지에서 혀의 표면은 짙은 회색 그물망 형태로 제시되어 있으며, 입천장은 그 위에 반투명한 그물망 형태로 제시되어 있다. 3D 데이터의 자세한 측정 및 분석 방법은 Hwang 외(2019), Lulich 외(2017), Charles와 Lulich(2018)에서 확인할 수 있다.



(a) (b) (c)

그림 1. (a) 혀와 입천장의 모양과 위치를 측면에서 본 2D 초음파 이미지 (b) 혀와 입천장의 모양과 위치를 정면에서 본 2D 초음파 이미지 (c) 혀와 입천장을 3D로 구현한 데이터(Hwang et al., 2019)

3. 연구 결과

이 연구의 발화실험 결과를 종합적으로 살펴보면 네 명의 화자가 발음한 단어 '맑다'의 어간말 자음군 /ㄹㄱ/에서 자음군 단순화가 적용된 토큰은 하나도 나타나지 않았고, 모든 토큰에서 /ㄹ/, /ㄱ/, /ㄷ/ 세 자음의 조음적 특징이 모두 관찰되었다. 그러나 어간말 자음군에서 관찰된 /ㄹ/과 /ㄱ/의 혀 모양은 어간말 단자음 /ㄹ/과 /ㄱ/에서 관찰된 혀 모양과 확연한 차이를 보였으며, 한국어에서 허용되지 않는 세 자음의 연속을 발음하기 위해 강한 동시조음(coarticulation)을 활용하거나 두 자음을 하나의 자음으로 결합(coalescence)하여 발음하는 전략이 사용되는 것을 관찰할 수 있었다.

즉, 화자에 따라 크게 두 가지 발음 전략이 관찰되었는데, 첫 번째 발음 전략인 동시조음(coarticulation)을 사용한 화자들은 '맑다'의 /ㄹㄱㄷ/ 세 자음을 차례대로 구분하여 발음하였다. 이 경우 /ㄹㄱㄷ/ 세 자음의 연속적인 움직임이 명확하게 관찰되었지만, 각 자음은 개별 자음의 주요 조음 특성을 유지하는 동시에 주변 자음의 조음 특성도 함께 반영하는 특징을 보였다. 이 발음 전략은 세 명의 참가자(P1, P2, P3)에게서 관찰되었다. 두 번째 발음 전략은 어간말 자음군 /ㄹㄱ/을 두 개의 독립된 자음으로 발음하지 않고, /ㄹ/과 /ㄱ/의 특징을 모두 가지는 하나의 자음 형태로 결합(coalescence)하여 발음하는 것이다. 이 발음 전략은 한 명의 참가자(P4)에게서 관찰되었는데, /ㄹ/과 /ㄱ/을 구분할 만한 혀의 움직임이나 모양의 변화가 관찰되지 않았고, 치경과 연구개 사이를 향해 혀끝과 혀 몸통의 앞부분을 함께 들어 올린 뒤 유지하는 형태

로 발음이 구현되었다. 각 참가자(P1, P2, P3, P4)의 2D 초음파 이미지와 3D/4D 초음파 데이터의 예시와 그에 대한 설명은 아래의 3.1-3.4에 제시되어 있다.

3.1 P1

<그림 2>에는 첫 번째 참가자(P1)가 발음한 단어 '말다'의 자음 /ㄹ/과 '막다'의 자음 /ㄱ/의 혀 모양과 입천장의 위치를 측면에서 관찰한 2D 초음파 이미지와 3D로 구현한 데이터의 이미지가 제시되어 있다. 먼저 <그림 2>의 (1)에 제시된 /ㄹ/ 발음의 측면 2D 초음파 이미지를 보면, 혀끝이 치조의 뒷부분에 닿아있고 혀의 몸통이 경구개를 향해 들어 올려져 있으며, 혀의 뿌리는 앞쪽으로 당겨져 구강의 뒤쪽 공간을 넓히는 조음 방법이 관찰된다. <그림 2>의 (2)에 제시된 3D 데이터를 통해 P1의 /ㄹ/ 발음에서 혀의 양옆이 내려가 있고, 혀의 뿌리가 앞쪽으로 당겨지면서 혀의 뒷부분이 앞쪽으로 살짝 들어가 있는 것을 추가적으로 확인할 수 있다. <그림 2>의 (3)과 (4)에 제시된 /ㄱ/ 발음의 초음파 데이터에서는 (1), (2)의 /ㄹ/과 확연히 다른 혀 모양이 관찰되었다. 혀끝과 혀의 몸통 부분이 아래로 내려가 있으며, 혀의 뿌리가 뒤쪽으로 당겨진 상태에서 혀의 뒷부분이 연구개 쪽으로 높이 들어 올려져 동그란 아치를 만든다. <그림 2>에서 보여지는 입천장은 치아에서 경구개까지만을 보여주고 있지만, 파열음의 특성상 들어 올려진 혀의 뒷부분이 연구개에 닿아있을 것으로 추측할 수 있다.

<그림 3>에는 단어 '맑다'의 연속하는 세 자음 /ㄹㄱㄷ/이 어떻게 발음되었는지 관찰하기 위해 시간순으로 다섯 개의 컷을 추출하여 혀 모양을 2D 초음파 이미지와 3D 데이터로 구현한 이미지가 제시되어 있다. 각 컷의 측면 2D 초음파 이미지와 3D 데이터의 예시는 <그림 3>의 (1)-(5)에 제시되어 있으며, 각 컷이 추출된 위치를 스펙트로그램에서 표시한 이미지가 아래에 함께 제시되어 있다. P1이 발음한 단어 '맑다'는 두 토큰 모두에서 자음군 단순화가 적용되지 않았으며, /ㄹㄱㄷ/ 세 자음이 명확하게 구분되어 차례대로 나타나고 있음이 관찰되었다. 자음 /ㄹ/, /ㄱ/, /ㄷ/의 혀 모양은 각각 <그림 3>의 (1), (3), (5)에서 확인할 수 있다. <그림 3>의 (2)는 /ㄹ/에서 /ㄱ/으로 넘어가는 전이구간에서의 혀 모양을, (4)는 /ㄱ/에서 /ㄷ/으로 넘어가는 전이구간에서의 혀 모양을 보여주고 있다.

<그림 3>의 (1)에 제시된 어간말 자음군의 /ㄹ/은 <그림 2>의 (1)에 제시된 어간말 단자음 /ㄹ/과 달리 혀끝이 치경에 닿아있지 않고 치경에서 조금 떨어진 위치에서 아래를 향하고 있으며, 혀 몸통의 앞부분이 경구개 쪽으로 높이 들어 올려져 있고 혀뿌리가 앞쪽으로 강하게 당겨져 혀 몸통의 뒷부분이 앞으로 움푹 들어가 있다. 즉, 혀 몸통의 앞부분을 들어올리고 혀뿌리를 앞으로 강하게 당겨 /ㄹ/의 특징을 유지하면서도 연이어 발음될 /ㄱ/의 발음에 대비하여 혀끝을 내리고 혀 몸통으로 아치를 형성할 준비를 하고 있는 것을 알 수 있다. <그림 3>의 (3)에 제시된 어간말 자음군의 /ㄱ/은 혀 몸통의 뒷부분이 입천장 쪽으로 들어올려져 동그란 아치를 형성하는 /ㄱ/의 주요 조음 특성을 보여주고 있지만, 아치가 연구개가 아닌 경구개 근처에 형성되어 있고 혀의 뿌리가 앞으로 강하게 당겨져 구강 뒤쪽에 공간을 만들고 있다는 점에서는 <그림 2>의 (1)에 제시된 /ㄹ/과 유사한 패턴을 보인다. 또한 혀끝이 아래로 내려가지 않고 치조 근처에 자리 잡고 있는 것은 다음에 발음될 /ㄷ/의 발음에 대비하고 있는 것으로 볼 수 있다.

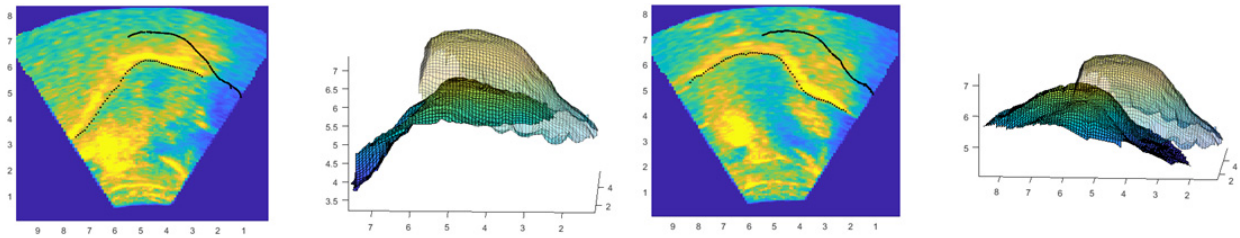


그림 2. P1이 발음한 '말다'의 자음 /ㄹ/과 '막다'의 자음 /ㄱ/의 혀 모양과 입천장의 위치를 측면에서 본 2D 이미지와 3D로 구현한 데이터 (1) /ㄹ/의 측면 2D 초음파 이미지, (2) /ㄹ/의 3D 데이터, (3) /ㄱ/의 측면 2D 초음파 이미지, (4) /ㄱ/의 3D 데이터

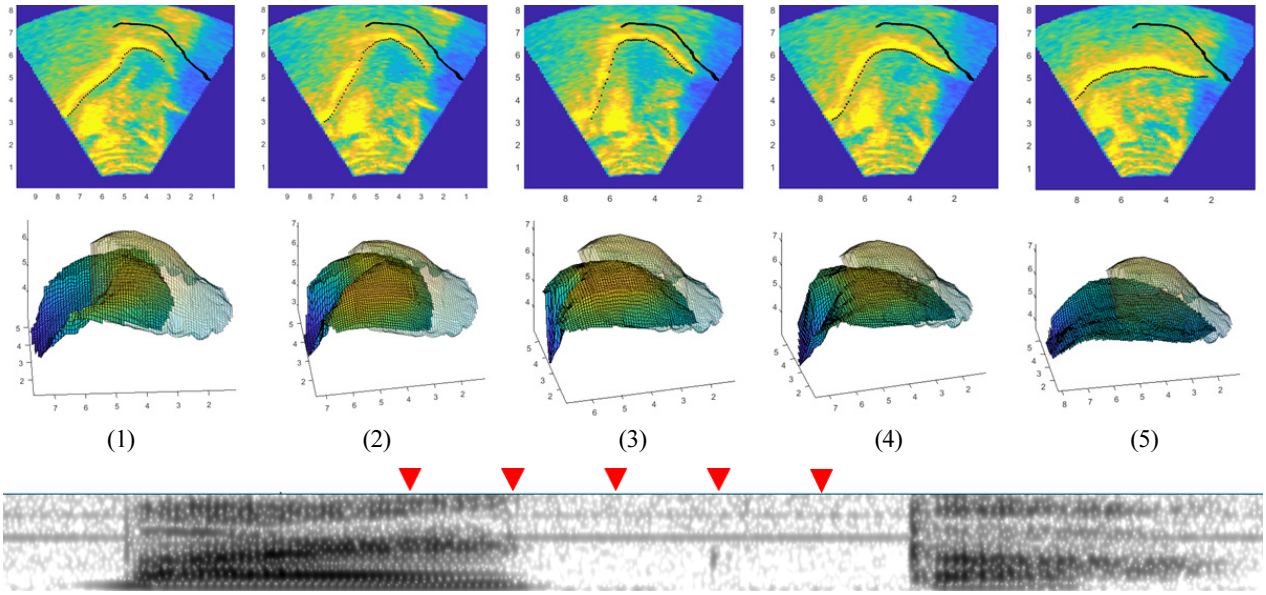


그림 3. P1이 발음한 '맑다'의 자음연속 [ㄹㄱㄷ]의 혀모양과 입천장의 위치를 다섯 개의 연속되는 컷에 걸쳐 측면에서 본 2D 이미지와 3D로 구현한 데이터, 각 데이터가 추출된 위치를 스펙트로그램에서 표시한 이미지 (1) /ㄹ/, (2) /ㄹ/에서 /ㄱ/으로 넘어가는 전이구간, (3) /ㄱ/, (4) /ㄱ/에서 /ㄷ/으로 넘어가는 전이구간, (5) /ㄷ/

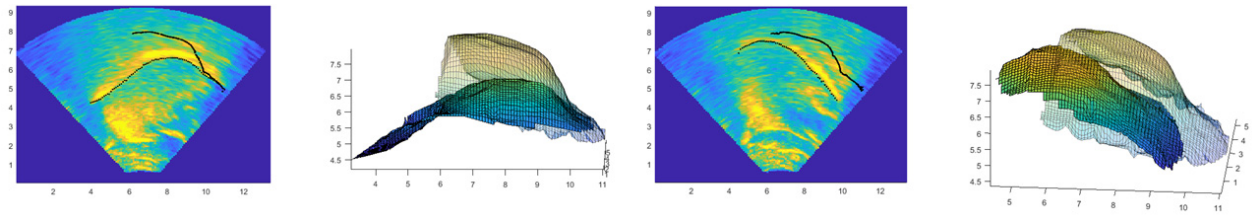
정리하자면 P1이 발음한 '맑다'의 연속된 세 자음은 세 가지 다른 혀 모양을 보이며 순차적으로 구분되어 발음되었지만, '맑다'에서 관찰된 /ㄹ/과 /ㄱ/의 혀 모양은 '말다'와 '막다'의 어간말 단자음 /ㄹ/, /ㄱ/에서 관찰된 혀 모양과 상당히 다른 패턴을 보였다. 즉, 단자음 /ㄹ/과 /ㄱ/의 주요 조음 특성은 유지하면서 주변 자음의 영향을 받아 주변 자음의 조음 특성도 함께 가지는 강한 동시조음(coarticulation) 패턴이 관찰되었다.

3.2 P2

두 번째 참가자(P2)가 발음한 단어 '말다'의 자음 /ㄹ/과 '막다'의 자음 /ㄱ/의 혀 모양과 입천장의 위치를 측면에서 관찰한 2D 초음파 이미지와 3D로 구현한 데이터의 이미지는 <그림 4>에 제시되어 있다. <그림 4>의 (1)과 (2)에 제시된 /ㄹ/의 초음파 데이터를 관찰하면 혀 몸통이 경구개를 향해 들어올려져 있고 혀의 양옆이 아래를 향해 있다는 점에서는 P1의 /ㄹ/과 유사하지만, 혀끝이 윗니에 닿아있고 혀의 뿌리가 앞으로 당겨지지 않고 자연스럽게 놓여있는 점에서는 P1

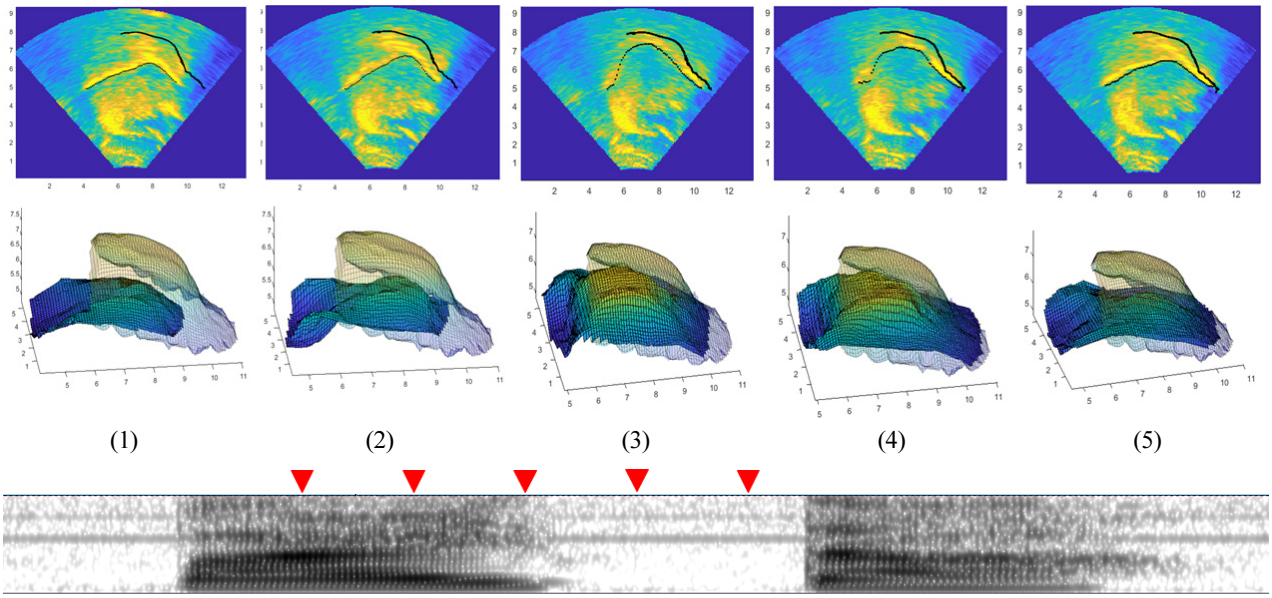
과 차이를 보인다. <그림 4>의 (3)과 (4)에 제시된 /ㄱ/ 발음의 초음파 데이터에서는 <그림 2>에 제시된 P1의 /ㄱ/과 유사한 혀 모양이 관찰되었다. 즉, 혀끝과 혀 몸통의 앞부분이 낮아지고, 혀뿌리가 뒤쪽으로 당겨진 상태에서 혀의 뒷부분을 연구개 쪽으로 들어 올려 동그란 아치를 만들었다.

<그림 5>의 (1)-(5)는 P2가 발음한 단어 '맑다'의 세 자음 /ㄹㄱㄷ/의 혀 모양을 2D 초음파 이미지와 3D 데이터로 보여주고 있다. 각 컷이 추출된 위치를 스펙트로그램에서 표시한 이미지가 아래에 함께 제시되어 있다. P2가 발음한 단어 '맑다'도 모든 토큰에서 자음군 단순화가 적용되지 않았으며, 세 자음의 연속이 명확하게 구분되어 나타나고 있었다. 연속된 세 자음의 혀 모양은 각각 <그림 5>의 (2), (3), (5)에서 확인할 수 있다. <그림 5>의 (1)는 모음 /ㅏ/에서 /ㄹ/로 넘어가는 전이구간에서의 혀 모양을, (4)는 /ㄱ/에서 /ㄷ/으로 넘어가는 전이구간에서의 혀 모양을 보여주고 있다.



(1) (2) (3) (4)

그림 4. P2가 발음한 '말다'의 자음 /ㄹ/과 '막다'의 자음 /ㄱ/의 혀 모양과 입천장의 위치를 측면에서 본 2D 이미지와 3D로 구현한 데이터 (1) /ㄹ/의 측면 2D 초음파 이미지, (2) /ㄹ/의 3D 데이터, (3) /ㄱ/의 측면 2D 초음파 이미지, (4) /ㄱ/의 3D 데이터



(1) (2) (3) (4) (5)

그림 5. P2가 발음한 '맑다'의 자음연속 [ㄹㄱㄷ]의 혀모양과 입천장의 위치를 다섯 개의 연속되는 컷에 걸쳐 측면에서 본 2D 이미지와 3D로 구현한 데이터, 각 데이터가 추출된 위치를 스펙트로그램에서 표시한 이미지 (1) /ㅏ/에서 /ㄹ/로 넘어가는 전이구간, (2) /ㄹ/ (3) /ㄱ/, (4) /ㄱ/에서 /ㄷ/으로 넘어가는 전이구간, (5) /ㄷ/

<그림 5>의 (2)에 제시된 어간말 자음군 /ㄹ/의 혀 모양은 혀 몸통의 앞부분이 경구개 쪽으로 들어 올려져 있는 점에서는 <그림 4>에 제시된 어간말 단자음 /ㄹ/과 유사하지만, 혀끝이 윗니에 닿아있지 않고 치경에서 조금 떨어진 위치에서 아래를 향하고 있으며, 혀뿌리가 앞쪽으로 조금 당겨져 혀 몸통의 뒷부분이 앞으로 살짝 들어가 있는 점에서 차이를 보인다. 혀 몸통의 앞부분을 들어올리고 혀뿌리를 앞으로 당겨 /ㄹ/의 특징을 유지하면서도 혀끝을 내리고 혀 몸통으로 아치를 형성할 준비를 하고 있다는 점에서 <그림 3>의 (1)에 제시된 P1의 어간말 자음군 /ㄹ/과 유사한 형태를 보인다. <그림 5>의 (3)에 제시된 어간말 자음군의 /ㄱ/은 혀 몸통의 뒷부분이 입천장 쪽으로 들어올려져 동그란 아치를 형성하는 것에서 /ㄱ/의 주요 조음 특성을 보여주고 있지만, 혀의 몸통이 전반적으로 앞으로 당겨져 아치의 위치가 경구개 쪽으로 이동해있고 혀의 뿌리가 앞으로 당겨져 구강 뒤쪽에 공간을 만들고 있다는 점에서 /ㄹ/의 조음 특성도 가지는 것으로 볼 수 있다. 또한 혀 뒷부분의 아치가 입천장에 하나의 조음점을 형성하는 동시에 혀끝이 윗니의 뒷부분에 닿아 또 다른 조음점을 형성하는 특징을 보이는데, 이는 뒤에 따라오는 자음 /ㄷ/의 조음 특성이 반영된 것으로 볼 수 있다.

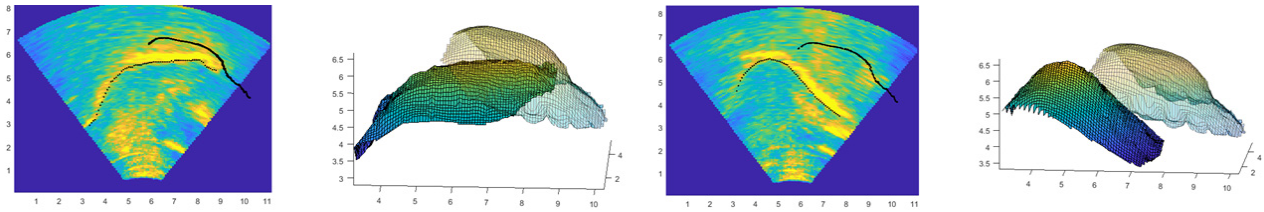
종합해보면 P2이 발음한 '맑다'의 연속된 세 자음 또한 명확한 순서로 구분되어 발음되었지만, 어간말 자음군에서 관찰된 자음 /ㄹ/과 /ㄱ/의 혀 모양이 '말다'와 '막다'의 어간말 단자음 /ㄹ/, /ㄱ/에서 관찰된 혀 모양과 상당히 다른 패턴을 보였다. 즉, P1에서 관찰된 것과 유사하게 /ㄹ/과 /ㄱ/의 주요 조음 특성은 유지하면서 주변 자음의 특성 또한 반영된 동시조음(coarticulation)의 혀 모양이 관찰되었다.

3.3 P3

세 번째 참가자(P3)가 발음한 단어 '말다'의 /ㄹ/과 '막다'의 /ㄱ/의 2D 초음파 이미지와 3D데이터의 이미지는 <그림 6>에 제시되어 있다. <그림 6>의 (1)과 (2)에 제시된 /ㄹ/은 P1과 P2의 어간말 단자음 /ㄹ/에서 관찰된 혀 모양과 유사한 패턴을 보인다. 혀끝이 치조의 뒷부분에 닿아있고, 몸통이 경구개를 향해 들어올려져 있으며, 혀의 양옆이 내려가있고, 혀의 뿌리는 앞으로 당겨지지 않고 비교적 자연스럽게 놓여있다. <그림 6>의 (3)과 (4)에 제시된 /ㄱ/ 발음의 초음파 데이터 또한 P1과 P2의 어간말 단자음 /ㄱ/과 유사한 패턴을 보인다. 혀끝과 혀 몸통의 앞부분은 낮아져 있고 혀의 뒷부분은 연구개 쪽으로 들어 올려 동그란 아치를 형성하고 있으며 혀뿌리가 뒤쪽으로 당겨져 있다.

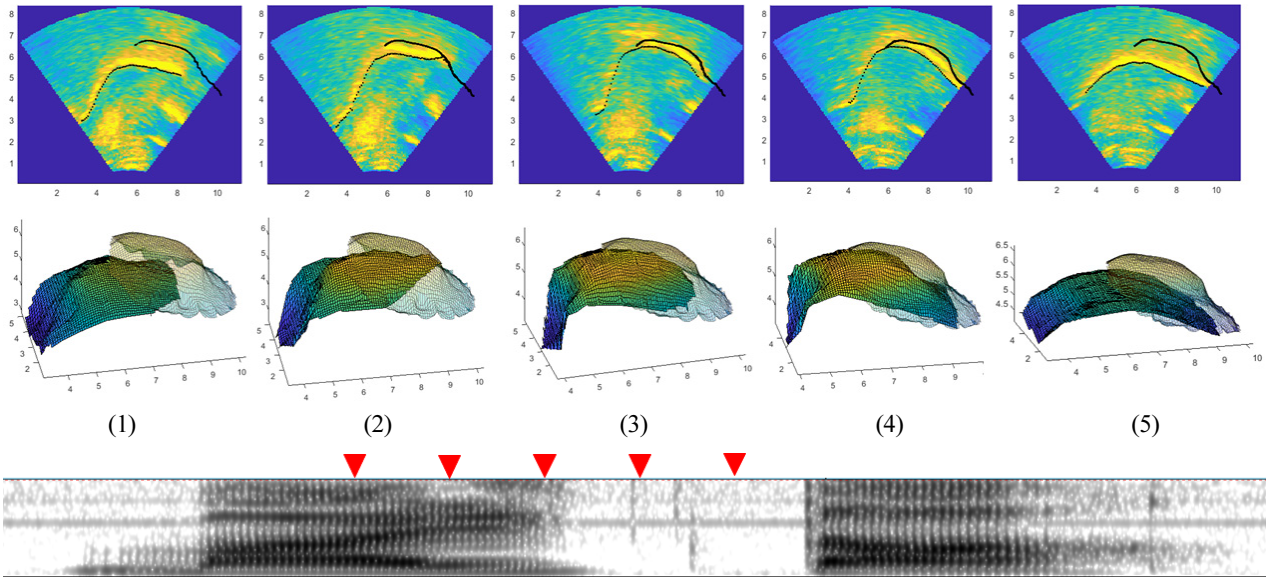
P3가 발음한 단어 '맑다'의 연속하는 세 자음 /ㄹㄱㄷ/의 2D 초음파 이미지와 3D 데이터는 시간순으로 <그림 7>에 제시되어 있으며, 각 컷이 추출된 위치가 아래의 스펙트로그램에 표시되어 있다. P3의 발음에서도 자음군 단순화는 적용되지 않았으며, 세 자음의 조음이 차례대로 관찰되었다. 연속된 세 자음의 혀 모양은 각각 <그림 7>의 (2), (4), (5)에서 확인할 수 있다. <그림 6>의 (1)는 /ㅏ/에서 /ㄹ/로 넘어가는 전이구간에서의 혀 모양을, (3)는 /ㄹ/에서 /ㄱ/으로 넘어가는 전이구간에서의 혀 모양을 보여주고 있다.

<그림 7>의 (2)에 제시된 어간말 자음군 /ㄹ/은 혀끝이 치조의 뒷부분에 닿아있고 혀의 몸통이 경구개 쪽으로 들어올려진 점에서 어간말 단자음 /ㄹ/과 유사한 형태를 보인다. 하지만 뒤에 나오는 /ㄱ/의 영향으로 혀의 몸통이 더 높아져있고, 그 영향으로 혀의 뿌리 부분도 더 앞쪽으로 당겨져 있는 점에서 어간말 단자음 /ㄹ/과 차이를 보인다. <그림 7>의 (4)에 제시된 어간말 자음군 /ㄱ/의 혀모양은 혀 몸통의 뒤쪽이 높이 들어올려져 아치를 이루고 있는 점에서는 /ㄱ/의 조음적 특성을 보이지만, 동시조음(coarticulation)의 영향으로 혀가 전반적으로 앞쪽으로 당겨지는 /ㄹ/의 특징과 혀끝이 앞니 뒤에 닿아있는 /ㄷ/의 특징을 모두 가지고 있는 것을 확인할 수 있다.



(1) (2) (3) (4)

그림 6. P3가 발음한 '말다'의 자음 /ㄹ/과 '막다'의 자음 /ㄱ/의 혀 모양과 입천장의 위치를 측면에서 본 2D 이미지와 3D로 구현한 데이터 (1) /ㄹ/의 측면 2D 초음파 이미지, (2) /ㄹ/의 3D 데이터, (3) /ㄱ/의 측면 2D 초음파 이미지, (4) /ㄱ/의 3D 데이터



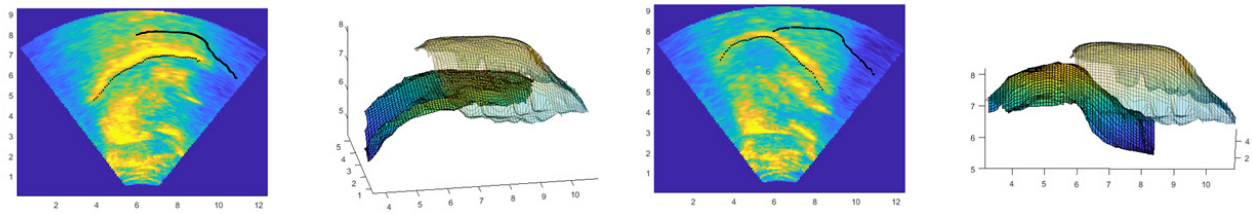
(1) (2) (3) (4) (5)

그림 7. P3가 발음한 '맑다'의 자음연속 [ㄹㄱㄷ]의 혀모양과 입천장의 위치를 다섯 개의 연속되는 컷에 걸쳐 측면에서 본 2D 이미지와 3D로 구현한 데이터, 각 데이터가 추출된 위치를 스펙트로그램에서 표시한 이미지 (1) /ㅏ/에서 /ㄹ/로 넘어가는 전이구간, (2) /ㄹ/ (3) /ㄹ/에서 /ㄱ/으로 넘어가는 전이구간, (4) /ㄱ/, (5) /ㄷ/

3.4 P4

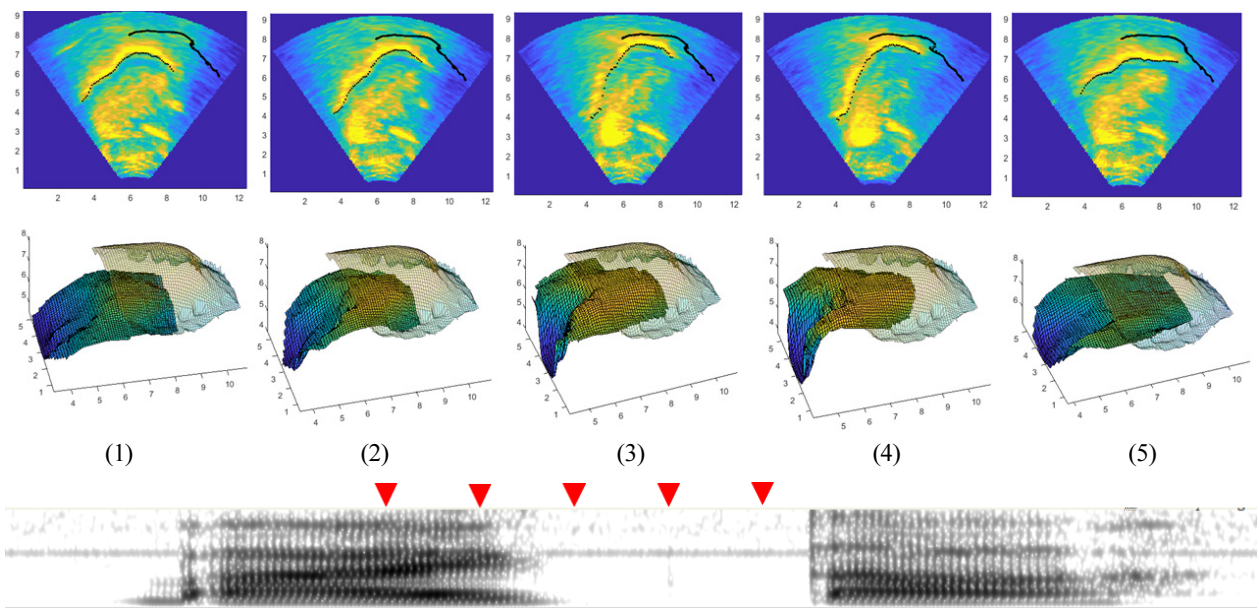
네 번째 참가자(P4)가 발음한 단어 '말다'의 자음 /ㄹ/과 '막다'의 자음 /ㄱ/의 혀 모양과 입천장의 위치를 측면에서 관찰한 2D 초음파 이미지와 3D로 구현한 데이터의 이미지는 <그림 8>에 제시되어 있다. <그림 8>의 (1)과 (2)에 제시된 /ㄹ/의 초음파 이미지를 보면, 예시 이미지에는 혀끝의 위치가 명확하게 나타나지 않았지만 혀끝이 치조의 앞부분에 닿아 있는 것으로 보이며, 혀의 몸통은 전반적으로 경구개를 향해 살짝 들어올려져 있다. <그림 8>의 (3)과 (4)에 제시된 /ㄱ/ 발음의 혀모양도 다른 화자들의 /ㄱ/ 발음에서 관찰되었던 것과 유사한 양상을 보인다. 혀끝과 혀의 몸통 부분이 아래로 가파르게 내려가 있고, 혀의 뿌리가 뒤쪽으로 당겨진 상태에서 혀의 뒷부분이 연구개 쪽으로 높이 들어 올려져 동그란 아치를 형성하고 있다. <그림 8>에서 보여지는 입천장은 치아에서 경구개까지만을 보여주고 있지만, 들어 올려진 혀의 뒷부분이 연구개에 닿아있을 것으로 추측할 수 있다.

<그림 9>에서는 단어 '맑다'의 연속하는 세 자음 /ㄹㄱㄷ/이 어떻게 발음되었는지 관찰하기 위해 세 자음을 모두 포함하는 다섯 개의 컷을 시간순으로 추출하여 혀 모양을 2D 초음파 이미지와 3D 데이터로 구현하였다. 각 컷이 추출된 위치를 스펙트로그램에서 표시한 이미지가 아래에 함께 제시되어 있다. P4이 발음한 단어 '맑다'에서도 자음군 단순화가 적용되지 않았다. 하지만 P1, P2, P3의 혀 모양에서 /ㄹㄱㄷ/ 세 자음이 순차적으로 구분되어 발음된 것과 달리 P4의 어간말 자음군 /ㄹㄱ/에서는 두 자음이 따로 발음되지 않고 /ㄹ/과 /ㄱ/의 조음적 특징을 모두 가지는 하나의 자음으로 결합(coalescence)되어 치경과 연구개 사이를 향해 혀끝과 혀의 몸통을 함께 움직이는 형태로 발음된 것으로 보인다. 이는 <그림 9>의 (3)과 (4)에서 확인할 수 있다.



(1) (2) (3) (4)

그림 8. P4가 발음한 '말다'의 자음 /ㄹ/과 '막다'의 자음 /ㄱ/의 혀 모양과 입천장의 위치를 측면에서 본 2D 이미지와 3D로 구현한 데이터 (1) /ㄹ/의 측면 2D 초음파 이미지, (2) /ㄹ/의 3D 데이터, (3) /ㄱ/의 측면 2D 초음파 이미지, (4) /ㄱ/의 3D 데이터



(1) (2) (3) (4) (5)

그림 9. P4가 발음한 '맑다'의 자음연속 [ㄹㄱㄷ]의 혀모양과 입천장의 위치를 다섯 개의 연속되는 컷에 걸쳐 측면에서 본 2D 이미지와 3D로 구현한 데이터, 각 데이터가 추출된 위치를 스펙트로그램에서 표시한 이미지 (1),(2) /ㅏ/에서 /ㄹ/로 넘어가는 전이구간, (3),(4) /ㄹㄱ/, (5) /ㄷ/

<그림 9>의 (1)과 (2)는 단어 '밝다'의 모음 /ㅏ/에서 혀 몸통의 앞부분이 들어 올려지면서 /ㄹ/로 전이되는 구간의 혀 모양을 보여준다. <그림 9>의 (3)과 (4)에서는 혀의 움직임이나 모양의 변화가 관찰되지 않고 거의 동일한 혀 모양이 유

지되고 있는 것을 확인할 수 있다. 이 혀 모양은 /ㄹ/과 /ㄱ/의 조음적 특징을 모두 보여주고 있는데, 혀끝과 혀 몸통의 앞부분이 경구개 쪽으로 높이 들어 올려져 있으며 혀뿌리가 앞쪽으로 강하게 당겨져 혀 몸통의 뒷부분이 앞으로 움푹 들어가는 것은 /ㄹ/의 조음적 특징이라 할 수 있으며, 혀 몸통이 입천장 쪽으로 높이 들어올려져 동그란 아치를 형성하는 것은 /ㄱ/의 주요 조음 특성으로 볼 수 있다. 혀끝과 혀 몸통의 앞부분이 함께 들어올려져 /ㄹ/의 조음점인 치경과 /ㄱ/의 조음점인 연구개 사이에 위치한 경구개의 앞부분에 위치하고 있는 조음 양상이 두 컷에 걸쳐 유지되고 있는 것으로 보아 /ㄹ/과 /ㄱ/이 순차적으로 발음된 것이 아니라 /ㄹ/과 /ㄱ/의 조음적 특징을 모두 가지는 하나의 자음으로 결합(coalescence)되어 발음된 것이라 판단할 수 있다. '밝다'의 세 자음 /ㄹㄱㄷ/이 순차적으로 발음될 때는 주로 네 컷(약 139 ms, <그림 5, 7> 참고)이나 다섯 컷(약 186 ms, <그림 3> 참고)에 걸쳐 발음 양상이 관찰되었지만, /ㄹ/과 /ㄱ/이 하나의 자음으로 합쳐져 발음된 경우 <그림 9>에서 확인할 수 있듯이 세 컷에 걸쳐 발음되어 길이도 약 93 ms으로 비교적 짧게 발화되었다.

4. 논의 및 결론

이 연구는 3D/4D 초음파 기술을 이용하여 한국어의 어간말 자음군 /ㄹㄱ/의 조음적 특징을 관찰하는 것을 목표로 하였다. 지금까지 한국어의 어간말 자음군에 관한 많은 연구가 이루어져 왔지만, 조음 방법을 직접적으로 관찰하고 분석한 연구는 드물었기에 이 연구는 3D/4D 초음파 기술을 활용하여 한국어의 어간말 자음군의 조음적 특징과 다양성을 직접 관찰하여 보고했다는 점에서 의의가 있다. 그러나 이 연구는 미국에 거주하는 20대 여성 네 명만을 대상으로 하였으며, 실험 단어도 제한적이라는 점에서 많은 한계를 가진다.

이 연구에 참여한 네 명의 화자가 발음한 단어 '맑다'에서 자음군 단순화가 적용된 토큰은 하나도 나타나지 않았으며, 모든 토큰에서 /ㄹ/, /ㄱ/, /ㄷ/ 세 자음의 조음적 특징이 관찰되었다. 하지만 이 연구의 어간말 자음군 /ㄹㄱ/ 발음에서 자음군 단순화가 한 번도 적용되지 않은 것은 실험 단어와 실험 참가자들의 특성이 반영된 결과일 수 있다고 판단된다. 김정윤과 강은지(2021)는 남성 화자보다 여성 화자들이 두 자음을 모두 발음하는 경향이 더 크며, 어휘 빈도수가 높은 단어일수록 두 자음이 모두 발음되는 비율이 높다고 보고하였다. 이 연구의 발화실험 참가자들은 모두 여성 화자였으며, 실험 단어 또한 어휘 빈도수가 높은 단어가 사용되어 성별과 어휘빈도 수가 어간말 자음군 발화에 미치는 영향을 파악하기 어려웠다. 또한 박시균(2011)은 젊은 화자들이 영어를 배우면서 익힌 자음군 발음을 한국어에 적용하는 것이 두 자음 발음 비율을 높일 수 있다고 논의하였는데, 이 연구의 발화실험 참가자들은 모두 미국에서 대학교에 다니고 있는 학생들이었기에 영어 자음군 발음에 비교적 익숙한 것이 실험 결과에 영향을 줄 수 있었을 것으로 판단된다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 더 많은 참가자를 대상으로 하여 연령, 성별, 영어학습 경험, 모음 환경, 후행 자음, 용언의 어휘 빈도수 등이 한국어 자음군의 조음 양상에 미치는 영향에 대해 분석하는 후속 연구가 필수적이다.

이 연구에서는 음향분석을 따로 실행하지는 않았지만, 연구자의 청각에 근거하여 각 토큰을 들었을 때 모든 토큰에서 세 자음이 인지되었으며, <그림 3, 5, 7, 9>에 제시된 스펙트로그램 이미지에서도 /ㄹ/의 공명음 구간과 /ㄷ/의 파열소음 외에도 폐쇄공백에서 /ㄱ/의 음향단서인 수직의 스파이크가 빈번히 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 이러한 청각단서와 음향단서들은 자음의 존재 유무에 대한 정보만을 제공하였으며, 각 자음이 어떤 형태로 발음되었는지에 대한 조음적 단서는 제공하지 않았다. 이 연구는 3D/4D 초음파 기술을 사용하여 한국어 어간말 자음군 /ㄹㄱ/의 조음 양상을 관찰하였으며, 두 가지 다른 조음 방법을 보고하였다. 첫 번째 조음 방법은 동시조음(coarticulation)으로, '맑다'의 세 자

음 /ㄹㄱㄷ/이 순차적으로 구분되어 발음되었지만, 주변 자음의 영향을 받아 각 자음의 핵심 조음특성 외에 주변 자음의 조음 특성도 함께 가지는 형태로 발음되었다. 두 번째 조음 방법은 두 자음의 결합(coalescence)으로, 어간말 자음군 /ㄹㄱ/의 두 자음이 /ㄹ/과 /ㄱ/의 특징을 모두 가지는 하나의 자음 형태로 결합하여 치경과 연구개 사이를 향해 혀끝과 혀 몸통의 앞부분을 함께 들어올리는 형태로 발음되었다. 이 두 조음 방법의 차이는 청각단서와 음향신호에서는 구별이 어려웠지만 초음파 이미지를 통해서는 명확하게 구분되었다. 이 연구에서는 음향적 특징과 조음적 특징의 관련성에 관한 분석을 진행하지 않았지만, 후속 연구에서는 조음적 특성이 음향신호에서도 관찰되는지에 관한 분석을 해볼 수 있을 것이다. 또한 이 연구에서는 질적 분석만을 시행하였지만, 후속 연구에서는 혀의 위치에 대한 양적 측정도 함께 실시하면 더 객관적인 결과를 도출할 수 있을 것이다.

한국어의 어간말 자음군 /ㄹㄱ/ 발음은 청각적 명료도가 낮고 명확한 음향단서도 주어지지 않기 때문에 인지실험과 음향신호 분석만으로는 발음의 실현 양상과 조음 방법을 정확히 파악하는데 어려움이 있었다. 이 연구는 3D/4D 초음파 기술을 활용해 한국어의 어간말 자음군 /ㄹㄱ/이 자음으로 시작하는 어미 앞에서 어떻게 실현되는지 혀의 움직임을 직접적으로 관찰하여 기존의 청각분석, 음성분석 연구에서 부족했던 부분을 채운 것에 의의를 가진다.

참고문헌

강은지. 2004. 유음으로 시작하는 어간말 중자음의 음성실현 양상. *대한음성학회 2004 년도 춘계 학술대회 발표논문집*, 143-146. 대한음성학회.

강은지 · 김주원 · 이호영. 2004. 서울말 어간말 자음의 음성 실현. *말소리, 49*, 1-30.

김기유 · 엄홍준. 2019. 한국어 겹받침 발음의 실태 조사. *어문론집, 78*, 93-115.

김선철. 2003. *표준발음실태조사2*. 국립국어연구원.

김수영. 2022. 수도권 거주 화자의 자음군 말음 어간 실현 양상에 대하여. *영주어문, 51*, 29-55.

김연희. 2013. 대학생의 겹받침 발음 실태와 원인 분석. *한말연구, 33*, 37-67.

김정윤 · 강은지. 2021. 유음으로 시작하는 어간말 자음군 발음의 변이. *음성음운형태론연구, 27*.2, 161-192.

김한결 · 김선희. 2016. 변이의 패턴과 패턴의 변이: 한국어 자음연쇄 변이의 사례. *언어연구, 32*.3, 447-474.

남경완 · 오재혁. 2009. ‘ㄺ’, ‘ㄼ’의 발음 실현 양상과 원인 분석. *한국어학, 42*, 123-153.

박시균. 2011. 한국어 용언 어간 말 자음군의 발음 연구: 서울경기 지역과 충남지역 출신의 20대 화자를 중심으로. *언어연구, 26*.4, 791-816.

하영우 · 오재혁. 2019. 전남 방언 자음순 단순화의 변화 양상. *한말연구, 52*, 289-310.

Charles, S. and Lulich, S. M. 2018. Case study of Brazilian Portuguese laterals using a novel articulatory-acoustic methodology with 3D/4D ultrasound. *Speech Communication 103*, 37-48.

Cho, T. 1999. Intra-dialectal variation in Korean consonant cluster simplification A stochastic approach. *Chicago Linguistics Society 35*, 43-57.

Cho, T. 2010. A preliminary report on perceptual resolutions of Korean consonant cluster simplification and their possible change over time. *Phonetics and Speech Sciences 2*.4, 83-92.

Cho, T. and Kim, S. 2009. Statistical patterns in consonant cluster simplification in Seoul Korean: within-dialect interspeaker and intraspeaker variation. *Phonetics and Speech Sciences 1*.1, 33-40.

Cho, Y. Y. 1990. *Parameters of Consonantal Assimilation*. Ph.D. dissertation, Stanford University.

Hwang, Y., Charles, S., and Lulich, S. M. 2019. Articulatory characteristics and variation of Korean laterals. *Phonetics and Speech Sciences 11*.1, 19-27.

Iverson, G. and Lee, S. 1994. Variation as optimality in Korean cluster reduction. *Proceedings of ESCOL 11*, 174-185.

Jun, J. 1998. Restrictions on consonant clusters. *Eoneohag 23*, 190-204.

Kim-Renaud, Y. 1974. *Korean Consonantal Phonology*. Ph.D. Dissertation, University of Hawaii.

Lulich, S. M., Charles, S., and Lulich, B. 2017. Real-time three-dimentional tongue motion during clarinet performance. *The Journal of Acoustical Society of America 141*, 1759-1768.

Sohn, H. 1999. *The Korean Language*. Cambridge: Cambridge University Press.

황영, 교수
전북특별자치도 전주시 완산구 천잠로 303
전주대학교 영어교육과
E-mail: yhwang@jj.ac.kr