



Characteristics of accurate token and all token diadochokinesis in patients with normal pressure hydrocephalus*

Seong Hee Yoon¹ · Ki-Su Park^{2,3} · Kyunghun Kang⁴ · Janghyeok Yoon^{3,5} · Ji-Wan Ha^{1,6,**}

¹Department of Speech and Language Pathology, Graduate School of Rehabilitation, Daegu University, Gyeongsan, Korea

²Department of Neurosurgery, School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu, Korea

³Neopons Inc., Daegu, Korea

⁴Department of Neurology, School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu, Korea

⁵Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Seoul, Korea

⁶Department of Speech-Language Pathology, Daegu University, Gyeongsan, Korea

Abstract

Normal pressure hydrocephalus (NPH) is a condition wherein the cerebrospinal pressure in the brain is within the normal range, but the cerebrospinal fluid increases above the normal level, causing ventriculomegaly. In patients with NPH, the articulatory system exhibits reduced mobility and range, which may affect diadochokinesis (DDK) and speech intelligibility. In this study, we investigated the characteristics of DDK, including accurate-token DDK and all-token DDK including inaccurate tokens, in patients with NPH and healthy elderly adults (HE). We also examined the classification accuracy of DDK between the two groups. Finally, we investigated whether there was a correlation between speech intelligibility and DDKs in the NPH group. The results showed that NPH and HE groups differed significantly in both accurate-token DDK and all-token DDK, and their classification accuracy was relatively high. However, there was no correlation between speech intelligibility and DDK. The findings suggest that the DDK is a useful method for sensitively assessing speech motor performance in patients with NPH.

Keywords: normal pressure hydrocephalus (NPH), diadochokinesis (DDK), all token, accurate token, speech motor coordination, speech intelligibility

1. 서론

과학과 의학 기술의 발전으로 인간의 수명 연장이 현실화되었다. 조선시대 평균 수명은 25세, 1900년 기대 수명은 45세였

던 반면(Lee, 2022; Ministry of Health and Welfare, 2015), 통계청 KIOSIS 자료에 의하면 2020년 기준 대한민국 평균 기대 여명은 83.5년으로 보고되었다. 인류의 기대 수명이 길어짐에 따라 노화로 인한 질병 또한 증가하고 있다. 노인성 질병에는 알츠하이

* This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2022S1A3 A2A03089435).

** jw-ha@daegu.ac.kr, Corresponding author

Received 18 February 2024; Revised 6 March 2024; Accepted 6 March 2024

© Copyright 2024 Korean Society of Speech Sciences. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

머병, 파킨슨병, 헌팅턴병 등 증상이 점차 악화되는 퇴행성 질환들이 많지만, 조기에 발견하면 완치가 가능한 질환도 있다. 그중 하나가 정상압수두증(normal pressure hydrocephalus, NPH)인데, NPH는 조기에 진단 받을 경우 약 80% 이상이 뇌실복강단락술(ventriculoperitoneal shunt)과 같은 수술로 완치를 기대할 수 있다(Graff-Radford, 2007). 일반인에게는 다소 생소한 질환이지만, 70세 이상 노인 100명 중 2명에서 발생가능한 흔한 병으로, 뇌척수압은 정상 범위에 있음에도 뇌척수액이 정상 수준보다 증가하여 뇌실확장증을 유발하고, 그 결과 전두엽과 운동성 중추신경계에 압박을 가하게 되는 질병이다. NPH의 대표적 증상으로는 보행장애, 인지장애, 소변장애 등이 보고되었다(Bradley, 2000; Shprecher et al., 2008).

전두엽은 보행, 인지, 소변 기능뿐 아니라 의사소통에 있어서도 중요한 역할을 하며, 특히 전두엽의 운동 중추신경은 말산출과 직접적인 연관이 있다. 그럼에도 NPH 환자의 말산출에 대한 연구는 매우 제한적이며, 있더라도 NPH 환자의 75% 이상이 말장애를 보인다는 연구(Chankaew et al., 2016), 단지 12.9%에서만 말장애가 동반되었다는 연구(Chung, 2018) 등 다소 일관되지 못한 정보를 제공하고 있다. 이와 관련하여 Cho et al.(in press)은 NPH 환자의 경우 의사소통능력이 손상되었더라도 그 정도가 심하지 않아 표준화 검사에서는 잘 드러나지 않을 수 있음을 보고하며, 그럼에도 불구하고 환자들이 느끼는 일상생활에서의 어려움은 이보다 훨씬 더 심각할 수 있음을 강조하였다.

정상적인 말산출을 위해서는 호흡, 발성, 공명, 조음의 상호협응이 필수적이다. 이러한 협응력은 일상적인 의사소통에서도 필요하지만, 말운동능력 평가를 위해 흔히 사용되는 조음교대운동(diadochokinesis, DDK) 과제에서는 그 최대수행력이 요구된다. 때문에 DDK 과제를 통해 개별 말산출 기관의 성능과 기관들 간 협응력뿐 아니라, 대상자가 가진 말운동 협응능력의 최대 한계치 또한 가늠해볼 수 있다. 따라서 일상적인 발화 또는 표준화 검사에서는 잘 드러나지 않는 대상자의 말운동 상 취약점이 DDK 과제 수행 시 드러날 가능성이 있다(Kent et al., 1987).

이에 본 연구에서는 NPH 환자의 말운동기능을 DDK 과제를 이용해 평가해 보고자 하였다. DDK는 /파/, /타/, /카/와 같은 동일한 음절을 단순 반복하는 교대운동속도(alternating motion rate, AMR)와 /파타카/와 같은 이음절 이상을 연속 반복하는 일련운동속도(sequential motion rate, SMR)로 구분된다(Wang et al., 2009). 동일 음절을 반복하는 AMR은 입술, 혀 등의 조음기관의 운동 속도 및 규칙성을 알아볼 수 있고, 더불어 조음의 정확성과 연인두 기능을 파악할 수 있다(Duffy, 2005; Jung et al., 2011; Kim, 2008). SMR 과제의 경우 /파타카/와 같이 2음절 이상의 음절을 연속적으로 반복하게 함으로써, 조음 이동의 민첩성과 규칙성을 확인할 수 있다(Duffy, 2005; Jung et al., 2011; Kim, 2008).

DDK 측정 시 고려해야 할 요인 중 하나로 반응 분석 방법이 있다. 최대한 빨리 반복할 것을 요구하는 만큼 자극어 각각을 정확하게 조음하기란 쉽지 않다. 할 수 있는 한 가장 빠른 속도

에 도달하기 위해 말산출의 다른 영역은 다소 부정확하거나 부적절하게 되기 쉬운데, 이는 조음에서 가장 두드러진다. 이에 대한 해결책으로 대부분의 연구들에서 부정확한 산출은 제외하고 정확하게 발음한 산출만 반복횟수에 포함하여 DDK를 측정하고 있다(Ha, 2023). 그러나 의사소통장애 환자의 경우 DDK 샘플의 1/3 이상이 부정확한 산출임을 고려할 때(Wang et al., 2009), 이를 모두 제외하고 남은 데이터에서 반복횟수를 측정하는 것이 과연 타당한 방법인지에 대해 의문의 여지가 있다. 부정확한 산출 포함 여부에 따라 결과가 달라질 수 있다는 선행연구들(Cohen & Waters, 1999; Tjaden & Watling, 2003) 또한 이러한 의문을 증폭시키는 바, 정확한 산출만 측정한 방법(accurate-token DDK)과 부정확한 산출 포함, 모든 산출시도를 측정한 방법(all-token DDK)을 사용하여 분석한 후 그 결과를 비교해볼 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 NPH 환자의 AMR과 SMR 데이터를 accurate-token DDK와 all-token DDK의 두 방법으로 분석하여 그 결과를 정상 노인 집단(the healthy elderly, HE)과 비교해 보고자 한다. 더불어 DDK에 집단 간 차이가 유의할 경우 accurate-token DDK와 all-token DDK 측정값이 HE와 NPH의 두 집단을 얼마나 정확하게 분류 가능한지 알아볼 것이다. 한편, 편안한 음도, 강도, 속도로 발화하는 일상의 대화는 최대한 빠르게 반복할 것을 요구하는 DDK 과제와 대상자로 하여금 요구되는 능력이 동일하지 않다. 일상생활에서의 말명료도 저하는 의사소통에 어려움을 줄 뿐 아니라 환자의 삶의 질에 상당한 영향을 미칠 수 있으므로(Lee, 2010; Park, 2013), DDK 수행력과 말명료도 간 유의미한 관련성이 있는지에 대해서도 추가적으로 알아볼 필요가 있다.

이상과 같은 본 연구의 연구 문제들을 요약하면 다음과 같다. 첫째, HE 집단과 NPH 집단 간 자극어(/파/, /타/, /카/, /파타카/)에 따른 accurate-token DDK에 차이가 있는가? 둘째, HE 집단과 NPH 집단 간 자극어(/파/, /타/, /카/, /파타카/)에 따른 all-token DDK에 차이가 있는가? 셋째, accurate-token DDK와 all-token DDK의 집단 분류정확도는 어떠한가? 넷째, NPH 집단에서 accurate-token DDK, all-token DDK와 말명료도 간 상관관계는 어떠한가?

2. 연구 방법

본 연구의 모든 실험은 철곡경북대학교병원 임상시험심사위원회의 승인을 받은 후 진행되었다(IRB 승인번호: KNUCH-2019-01-006-010).

2.1. 연구 대상

HE 집단 38명, NPH 집단 38명, 총 76명이 본 연구에 참여하였다. 정상 노인의 선정 기준은 다음과 같다. 첫째, 한국어를 모국어로 사용하고, 둘째, 한국어를 읽는 데에 아무런 어려움이 없고, 셋째, 한국판 간이정신상태검사 2판(Korean Mini Mental State Examination, 2nd Edition, K-MMSE-2, Kang et al., 2014)에

서 정상 범주(연령 및 교육년수 대비 16 %ile 이상)에 속하고, 뱃째, 감각적, 신경학적, 신체적 결함이 없고, 다섯째, 시력 및 청력에 이상 소견이 없고, 여섯째, 인지, 언어, 구어에 아무런 문제가 없다고 보고한 자였다.

NPH 집단은 신경과 및 신경외과 전문의에 의해 NPH로 진단 받은 환자들로, MRI 판독과 뇌척수액 배액을 통해 뇌실 크기의 증가를 확인하였다. NPH의 진단은 뇌실 확장을 확인하는 의학 적 절차를 통해 이루어지므로 K-MMSE-2와 같은 행동검사에 기반한 인지저하 여부는 선정 기준에 포함하지 않았다. 단, NPH 이외 다른 신경학적 및 해부학적 이상 소견이 없어야 하기에, NPH 선정 기준에 부합하더라도 치매 또는 기타 뇌질환을 동반하지 않았는지 신경외과 또는 신경과 전문의가 한 번 더 확인하는 과정을 거쳤고, 동반 질환이 의심되는 경우 연구대상에서 제외되었다. 또한 실험 착수 후라도 주의집중력, 의사소통 등의 문제로 실험 진행이 더 이상 어렵다고 판단된 자는 실험을 중단하였다. 그 외 다른 기준은 HE 집단과 동일하였다.

HE 집단과 NPH 집단 간 기본 정보에 대해 *t*-검정을 실시한 결과, 교육년수에 있어 두 집단 간 차이는 유의하지 않았으나 ($p>.05$), 연령은 NPH 집단이 HE 집단보다 유의하게 높았고 ($p<.05$), K-MMSE-2 점수는 NPH 집단이 HE 집단보다 유의하게 낮았다($p<.001$)(표 1).

표 1. 대상자 기본 정보

Table 1. Participants' characteristics of HE and NPH

	HE (n=38)	NPH (n=38)	<i>t</i> -value
연령(세)	67.55 (6.49)	73.26 (4.90)	5.711*
교육년수(년)	12.47 (3.28)	11.00 (4.29)	-1.683
K-MMSE-2	27.50 (1.59)	20.03 (6.21)	17.163***

Values are presented as mean (SD).

* $p<.05$, *** $p<.001$.

HE, healthy elderly; NPH, normal pressure hydrocephalus.

2.2. 연구 과제

2.2.1. DDK(diadochokinesis) 과제

DDK는 AMR과 SMR 과제를 모두 실시하였다. AMR은 /파/, /타/, /카/ 각각을, SMR은 /파타카/ 전체를 최대한 빨리, 정확하게, 그리고 규칙적으로 반복 산출하도록 하였다. 검사자가 직접 시범을 보여준 후 대상자가 충분히 방법을 숙지했다고 판단되면, '시작' 신호에 따라 시작하여 '그만' 할 때까지 각 과제를 수행하도록 하였다. 반복 산출 중 흡기 등으로 인해 부적절한 쉼(pause)이 포함된 경우 수행을 중단시키고 한숨에 다시 할 것을 요청하였다.

2.2.2. 문단 읽기 과제

DDK와 말명료도의 상관관계를 알아보기 위해 문단 읽기 과제를 추가적으로 실시하였다. 문단 읽기 과제는 '산책' 문단(Chung, 1994)을 사용하였으며, 대상자들로 하여금 편안한 음도와 강도로 평상시 말속도로 문단 전체를 낭독하도록 하였

다. 문단 읽기 중 오류가 발생한 경우 다시 읽기 등에 대한 추가적인 지시사항은 제공하지 않았고, 읽기 중간에 쉼 기간이 길어 지더라도 대상자가 스스로 읽기 과제를 마칠 때까지 기다려주었다.

2.3. 음성발화수집기 제작

실험 데이터의 수집, 저장, 관리 및 분석을 용이하게 하기 위해 음성발화수집 SW('음성발화수집기')를 제작하였다. 음성발화수집기는 검사자 정보입력, 대상자 정보입력, 과제 실시, 과제 분석의 네 가지 모듈로 구성되어 있다. 검사자 정보입력 모듈에서는 검사자, 검사 장소와 같은 검사 관련 기본 정보들을 입력하고, 마이크, 사운드, 화면 상태 등을 테스트할 수 있다. 대상자 정보입력 모듈에서는 대상자 이름, 성별, 생년월일(연령), 교육년수, 직업, 손잡이, 돋보기/보청기 착용여부 등을 기입한다. 과제 실시 모듈에서는 '녹음' 버튼을 눌러 대상자의 반응을 녹음하고 '재생' 버튼을 눌러 저장된 데이터를 청취할 수 있다. 이때 대상자의 반응은 모니터 상에 실시간 사운드웨이브 형태로 제시된다. 문단읽기의 경우 '조절' 버튼을 눌러 지시문의 글자 크기를 조정할 수 있다. 과제 분석 모듈에서는 '분석' 버튼을 눌러 오디오파일의 파형을 출력할 수 있는데, 파형 상에서 마우스커서를 클릭하여 해당 구간의 시간 측정이 가능하다. 음성발화수집기에 입력한 모든 데이터는 자동으로 구글 드라이브에 저장된다. 이와 같은 디지털 음성발화수집기의 사용 예시를 그림 1에 제시하였다.

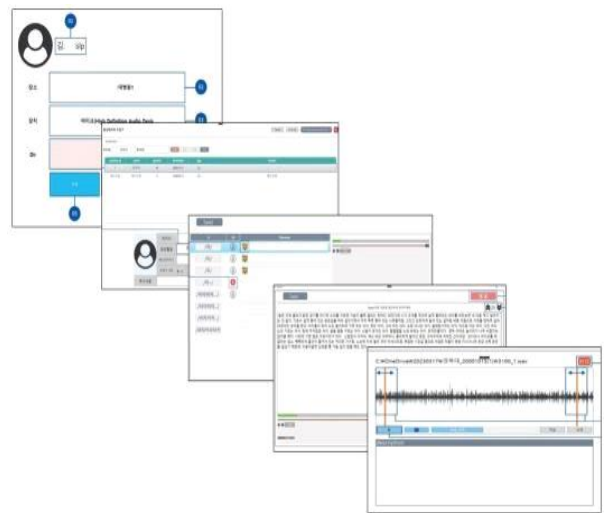


그림 1. 디지털 음성발화수집기

Figure 1. Computerized version of the speech data collection system

2.4. 연구 절차

본 연구의 모든 실험은 칠곡경북대학교병원 음성발화 샘플링실에서 개별적으로 진행되었다. 실험 시작 전 대상자와 보호자에게 연구 목적 및 절차를 설명한 후, 연구참여에 대한 사전 동의를 받았다. 본 실험에 앞서 K-MMSE-2 검사를 실시하였고, 이후 실험과제인 DDK와 문단읽기 과제를 순차적으로 진행하

였다. 실험의 전 과정은 음성발화수집기에 기록, 저장되었는데, 실험에 사용된 마이크는 인프라스닉 UFO 미니였으며, 대상자와 마이크와의 거리는 30 cm, 대상자와 모니터와의 거리는 50 cm로 고정되어 있었다.

2.5. 자료 분석

DDK 값은 각 자극어에 대해 음절 반복 횟수를 전체 수행 시간으로 나눠 초당 반복 횟수로 구하였다. 따라서 DDK 수치가 높으면 속도가 빠름을, 수치가 낮으면 속도가 느림을 의미한다. 음절의 시작은 파열음이 방출되는 순간으로, 음절의 끝은 그 다음 파열음이 방출되기 직전으로 구분하였다. 본 연구에서는 DDK를 accurate-token DDK와 all-token DDK로 구분하여 측정하였다. Accurate-token DDK는 자극어를 정확하게 산출한 경우에만 해 DDK를 측정하는 것이다. 예를 들어 /파/의 AMR에 부정확한 발음인 [빠]가 포함되어 있으면 이는 제외하고 정확하게 발음한 [파]의 반복 속도만을 측정하였다. 발음의 정확성 여부는 검사자의 청각적 판단에 근거하였기 때문에, 검사자는 오디오를 반복 청취하며 목표 자극어가 다른 말소리로 대치되거나 왜곡된 경우 파형에서 해당 음절 전체를 삭제한 후 시간과 횟수를 측정하였다. 반면 All-token DDK는 부정확한 산출까지 포함한 DDK를 의미한다. 예를 들면 대상자가 /파/의 AMR을 [파파파파빠빠]라고 산출한 경우, 정확하게 발음한 [파]뿐 아니라 부정확한 발음인 [빠]도 포함하여 반복 속도를 측정하였다.

문단 읽기 과제에서의 말 명료도는 알아들을 수 있는 어절 수를 문단의 총 어절수로 나누어 백분율(%)로 구하였는데, 알아들을 수 있는 단순한 음소 반복에 대해서는 정반응으로, 알아들을 수 없거나 부정확하게 발음한 어절, 음소착어, 어절 단위의 도치에 대해서는 오반응으로 처리하였다. 또한 앞 어절과 다음 어절 사이 긴 공백으로 인해 알아듣기 어려운 경우도 오반응으로 처리하였다.

말명료도 평가에 대한 신뢰도를 알아보기 위해 전체 대상자의 20% 해당하는 16명(HE 8명, NPH 8명)의 자료를 임의로 추출하였다. 평가자 2는 해당 자료들에 대해 평가자 1과 동일한 방법으로 명료도를 측정하였다. 평가자 1은 본 연구의 제 1저자였고, 평가자 2는 임상경력 10년 이상의 1급 자격증 소지 언어재활사였다. 두 평가자의 측정값 간 피어슨 단순적률 상관분석을 실시한 결과, 상관계수 .97($p < .001$)로 평가자 간 신뢰도는 매우 높았다.

2.6. 통계 분석

통계 분석을 위해 SPSS(ver. IBM SPSS Statistics 25, IBM, Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하였다. 두 집단(HE 집단, NPH 집단) 간 자극어 항목(/파/, /타/, /카/, /파타카/)에 따른 accurate-token DDK와 all-token DDK에 차이가 있는지 알아보기 위해 1피험자간-1피험자내 혼합분산분석(mixed ANOVA)을 실시하였다. Accurate-token DDK와 all-token DDK의 집단 분류정확도 분석을 위해서는 집단을 종속변수로, 각 자극어에 대한 DDK 값을 독립변수로 하여 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 이

때 최적의 변수 선택 방법으로 ‘앞으로(forward): 조건(conditional)’을 입력하였다. 마지막으로 DDK와 말명료도 간 상관관계를 알아보기 위해, NPH 환자들의 accurate-token DDK 및 all-token DDK와 말명료도 측정값 간 피어슨 단순적률 상관분석을 실시하였다.

3. 연구 결과

3.1. 두 집단 간 자극어에 따른 accurate-token DDK(diadochokinesis)

HE 집단과 NPH 집단의 각 자극어에 대한 accurate-token DDK 평균값은 표 2와 같다. NPH 집단의 accurate-token DDK는 모든 자극어에서 HE 집단보다 평균적으로 느렸다.

표 2. HE와 NPH 집단의 accurate-token DDK(diadochokinesis)

Table 2. The accurate-token DDK of HE and NPH

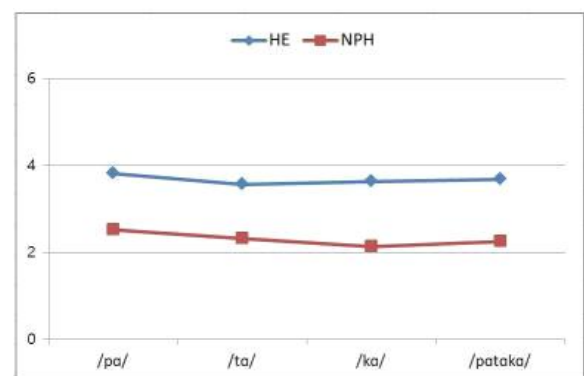
	HE (n=38)	NPH (n=38)
/p ^h a/	3.82 (1.16)	2.52 (1.30)
/t ^h a/	3.57 (1.24)	2.32 (1.17)
/k ^h a/	3.64 (1.21)	2.14 (0.91)
/p ^h at ^h ak ^h a/	3.68 (1.34)	2.26 (1.23)

Values are presented as mean (SD).

* $p < .05$, *** $p < .001$.

HE, healthy elderly; NPH, normal pressure hydrocephalus.

이와 같은 두 집단 간 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 혼합분산분석을 실시하였다. Mauchly 구형성 가정을 만족하지 못하여 Greenhouse-Geisser 교정 통계값을 이용해 결과를 검정하였고, 그 결과 집단 간 주효과가 유의하였으나($F_{(1, 74)} = 38.616$, $p < .001$), 자극어의 주효과($F_{(2, 510, 185, 770)} = 1.603$, $p > .05$) 및 집단과 자극어의 상호작용효과($F_{(2, 510, 185, 770)} = .349$, $p > .05$)는 유의하지 않았다. 즉, 자극어에 상관없이 NPH 집단은 HE 집단보다 accurate token-DDK 속도가 유의하게 느린 것을 알 수 있다(그림 2).



HE, healthy elderly; NPH, normal pressure hydrocephalus.

그림 2. HE와 NPH 집단의 accurate-token DDK

Figure 2. Accurate-token DDK of HE and NPH groups

3.2. 두 집단 간 자극어에 따른 all-token DDK(diadochokinesis)

HE 집단과 NPH 집단의 각 자극어에 대한 all-token DDK 평균

값은 표 3과 같다. 모든 자극어에서 NPH 집단의 all-token DDK는 HE 집단보다 평균적으로 느렸다.

표 3. HE와 NPH 집단의 all-token DDK(diadochokinesis)
Table 3. The all-token DDK rates of HE and NPH

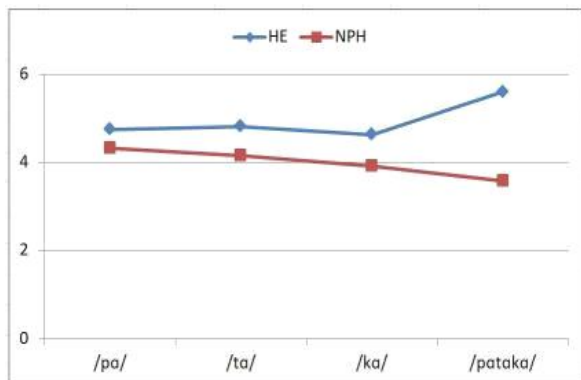
	HE (n=38)	NPH (n=38)
/p ^h a/	4.74 (0.80)	4.32 (0.81)
/t ^h a/	4.81 (0.97)	4.15 (0.85)
/k ^h a/	4.63 (0.87)	3.92 (0.95)
/p ^h at ^h ak ^h a/	5.60 (1.03)	3.58 (1.97)

Values are presented as mean (SD).

* $p < .05$, *** $p < .001$.

HE, healthy elderly; NPH, normal pressure hydrocephalus.

이와 같은 두 집단 간 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 혼합분산분석을 실시하였다. Mauchly 구형성 가정을 만족하지 못하여 Greenhouse-Geisser 교정 통계값을 이용해 결과를 검정하였고, 그 결과 집단 간 주효과($F_{(1, 74)}=26.216, p<.001$) 및 집단과 자극어의 상호작용효과($F_{(1.537, 113.760)}=14.183, p<.001$)가 유의하였으나, 자극어의 주효과는 유의하지 않았다($F_{(1.537, 113.760)}=2.019, p>.05$). Accurate-token DDK와 달리 집단과 자극어의 상호작용효과가 유의하였는데, 이는 두 집단 간 차이가 자극어에 따라 상이한 양상을 보일 가능성을 의미한다. 따라서 유의한 상호작용효과에 대한 사후분석을 위해, compare syntax를 입력하여 각 자극어에 대한 두 집단 간 차이를 비교하였다. 그 결과 모든 자극어에서 두 집단 간 차이가 유의하였지만($p<.05$), /파타카/에서 그 차이가 두드러지는 것을 확인할 수 있었다($p<.001$)(그림 3).



HE, healthy elderly; NPH, normal pressure hydrocephalus; DDK, diadochokinesis.

그림 3. NPH 집단과 정상 노인 집단 간 all token-DDK
Figure 3. All token-DDK of NPH groups and HE groups

3.3. DDK(diadochokinesis)의 집단 분류정확도

Accurate-token DDK와 all-token DDK를 이용해 HE와 NPH의 집단 분류가 가능한지 알아보기 위해 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 accurate-token DDK에서는 최적 변수로 /카/만 포함되었는데, /카/의 accurate-token DDK는 HE 집단의

71.0%를, NPH 집단의 78.9%를 정확하게 분류해주어 전체 분류 정확도는 75.0%로 확인되었다. 반면 all-token DDK에서는 최적 변수로 /파타카/만 포함되었고, /파타카/의 all-token DDK는 HE 집단의 84.2%를, NPH 집단의 71.1%를 분류해주어 전체 분류정확도는 77.6%였다.

3.4. NPH 집단의 DDK(diadochokinesis)와 말명료도 간 상관관계

DDK와 말명료도 간 상관관계를 알아보기 위해, 우선 읽기 자료를 이용해 말명료도를 측정하였다. NPH 집단의 말명료도는 92.81% (SD 17.56)로, HE 집단의 말명료도인 99.91% (SD .59)보다 평균적으로 낮았고, 독립표본 t -검정 상에서도 이 차이는 유의하였다($t=2.392, p<.05$). 이후 NPH 집단의 DDK와 말명료도 간 상관관계를 분석하였다. 그 결과 accurate-token DDK와 all-token DDK의 모든 자극어에서 말명료도와 유의한 상관이 관찰되지 않았고($p>.05$), 상관계수도 -.058에서 .299 사이로 낮은 상관을 보였다.

4. 논의 및 결론

본 연구에서는 NPH 환자의 말운동협응력을 알아보기 위해 AMR 및 SMR 과제를 실시하여 그 결과를 HE 집단과 비교하였다. 이때 DDK는 정확한 산출만 반복횟수에 반영한 accurate-token DDK와 부정확한 반응 포함, 모든 산출시도를 반복횟수에 반영한 all-token DDK의 두 가지 방법으로 분석하였다. 그 결과 첫째, accurate-token DDK의 경우 자극어에 상관없이 NPH 집단의 반복속도는 HE 집단보다 유의하게 느렸다. 둘째, all-token DDK에서도 NPH 집단의 반복속도는 모든 자극어에서 느렸으나, /파타카/, 즉 SMR에서 HE와의 차이가 두드러졌다. 셋째, /카/의 accurate-token DDK는 전체 대상자의 75.0%에 대해, /파타카/의 all-token DDK는 전체 대상자의 77.6%에 대해 정확한 집단 분류가 가능하였다. 넷째, NPH 환자의 accurate-token DDK와 all-token DDK는 말명료도와 유의한 상관이 없었다.

우선 본 연구를 통해, 이제까지 여러 연구들에서 밝혀진, 뇌 질환 환자는 저하된 DDK 수행을 보인다는 통상적 결론(Duffy, 2013; Tjaden & Watling, 2003; Wang et al., 2009)이 NPH 환자에도 적용됨을 확인하였다. Accurate-token DDK와 all-token DDK 모두에서 느린 속도를 보였다는 연구 결과는 말운동협응력 저하가 NPH의 핵심 증상을 시사한다.

서론에서도 언급했듯이, NPH의 대표 증상 중 하나로 느린 보행이 자주 거론된다. 구체적으로는 보행 속도가 느리고 보폭이 좁고 발을 끄는 양상을 보이는 것으로 보고되었다(Kang et al., 2014). 보행 역시 상당한 운동협응이 요구되는 활동임을 감안하면, NPH 환자의 운동협응력 저하는 특정 영역의 문제가 아니라 신체 전반의 문제인 것으로 보인다. 피질운동경로(corticomotor pathway)가 DDK 수행과 밀접한 연관이 있다는 연구(Boscato et al., 2022), 전운동영역(premotor area)과 보조운동영역(supplementary motor area)이 반복운동의 속도 조절에 관여한다는 연구

(Cordella et al., 2019) 등에 근거할 때, NPH의 뇌측실 확장이 피질연수로, 전운동영역, 보조운동영역과 같은 인접 운동영역들을 압박하였고, 그로 인해 신체 전반의 운동협응력이 영향을 받았을 가능성을 생각해볼 수 있다. 말산출은 어떤 신체 활동보다도 고도의 협응력이 요구되는 활동인 만큼 다른 신체기능보다 먼저 저하될 가능성이 있으며, 따라서 NPH 환자의 말산출 특성에 보다 주목할 필요가 있다.

한편, DDK 수행 시 빠른 속도와 정확성을 모두 만족시키는 것은 쉽지 않은 과업임을 본 연구를 통해서도 확인할 수 있었다. NPH 집단의 경우 전체 데이터에서 부정확한 산출이 상당 부분을 차지하였고, 의외로 HE 집단에서도 다수의 부정확한 산출이 관찰되었다. 이를 제외하고 accurate-token DDK를 측정한 결과 NPH 집단은 모든 자극어에서 HE 집단보다 반복속도가 느렸는데, 미세한 차이이긴 하지만 특히 /카/에서 가장 어려움을 보였다(그림 2). /카/의 느린 속도는 이미 여러 선행연구들에서 보고된 바 있는데, 그 이유는 위 조음기관과 아래 조음기관의 거리가 양순음 /파/와 치경음 /타/에 비해 연구개음 /카/에서 가장 멀리 떨어져 있기 때문으로 설명된다(Choe & Han, 1998). 즉, /파/는 두 입술을, /타/는 치경으로부터 혀날(tongue blade)을 그리 멀리 떨어뜨려 놓지 않은 상태에서 반복활동을 수행할 수 있다. 하지만 /카/의 경우 /크/ 산출 시 연인두폐쇄를 위해 연구개 상승이 동반되고 /ㄱ/ 산출 시 저모음 산출을 위해 혀몸통(tongue body) 하강이 전제되기 때문에, 결과적으로 두 조음기관의 거리는 더 멀어질 수밖에 없다. 또한 혀몸통은 혀날보다 민첩성이 떨어지는데, 이 또한 느린 속도에 기여한 것으로 보인다. 이러한 조건에 NPH 환자는 더욱 영향을 받았고, 따라서 /카/에서 NPH 환자의 AMR이 가장 느리게 나타난 것으로 사료된다. 이 같은 이유로 accurate-token DDK의 분류정확도는 /카/만을 최적 변수에 포함하였으며, /카/의 accurate-token DDK는 전체 정확도 75.0%의 비교적 높은 정확성을 확보할 수 있었다.

반면, 부정확한 산출 포함, 모든 산출시도를 반복회수에 반영한 all token-DDK에서는 /파타카/에서 두 집단 간 차이가 두드러졌다. 흥미로운 점은, NPH 집단의 속도가 느려진 것보다 HE 집단의 속도가 빨라진 것이 이 같은 결과를 발생시켰다는 것이다(그림 3). 동일 조음기관만을 반복 사용하는 AMR과 달리 SMR에서는 다른 자음의 순차적 산출을 위해 여러 조음기관을 연속적으로 사용하기 때문에, 첫 번째 음절의 산출이 끝나기 전 두 번째 음절의 조음을 대비할 수 있다. 예를 들어 두 입술로 /파/를 산출하는 동안 그 다음 음절인 /타/를 위해 혀날을 치경에 미리 접근시키는 등의 전략이 가능하다. 그럴 경우 결과적으로 빠른 조음전이(articulatory transition)가 유도될 수 있으며, 따라서 이 같은 전략을 통해 HE 집단의 SMR이 더 빨라졌을 가능성을 생각해볼 수 있다. 이때 SMR의 빠른 반복이 accurate-token DDK에서는 나타나지 않았다는 점에 주목할 필요가 있다. 빠른 조음전이는 종종 조음오류를 발생시키는, 일종의 교환효과(trade-off effect)를 초래할 수 있으며, 이 때문에 부정확한 산출을 포함하는 all-token DDK에서만 이 같은 빠른 SMR 수행이 관찰된 것으로 보인다. 그러나 간과하면 안되는 점은 이 모든 해석이 오직

HE 집단에만 해당된다는 것이다. SMR에서의 빠른 조음전이 전략 또한 기본적으로 조음 민첩성과 협응력이 요구되는 만큼 NPH 집단은 이를 적절히 활용하지 못하였고, 따라서 AMR보다도 느린 SMR 수행을 보인 것으로 추측된다. 이 같은 이유로 all-token DDK의 분류정확도는 /파타카/만을 최적 변수에 포함하였으며, /파타카/의 all-token DDK만으로도 전체 정확도 77.6%의 비교적 높은 정확성을 확보할 수 있었다.

한편, NPH 집단의 말명료도는 accurate-token DDK와 all-token DDK의 어떤 수치와도 유의한 상관이 없었다. 신경계 결함으로 말산출 관련 근육운동 조절이 원활하지 못하면 부정확한 조음이 산출되고 결과적으로 말명료도가 저하된다는 연구(Song, 2012) 등에 근거해, NPH의 경우도 말명료도와 DDK 수행력 간 어느 정도 상관이 있을 것으로 예측하였다. 그러나 연구자들의 예상과 달리, NPH 집단의 DDK 수행은 말명료도와 유의한 상관이 없었을 뿐 아니라 상관계수도 낮았다. NPH 집단의 말명료도는 92.81%로, HE 집단보다 유의하게 낮긴 했지만, 그럼에도 비교적 양호한 말명료도를 보이고 있어, 이 점이 DDK가 말명료도와 유의한 상관으로 연결되지 않은 가장 큰 이유인 듯하다. 이 같은 연구 결과는, 서론에서 언급했던, NPH의 경우 표준화 검사 상에서는 그 어려움이 잘 드러나지 않을 가능성을 상기시키며, 동시에 의사전달의 어려움이 크게 없다면 굳이 말운동협응력 저하를 문제 삼아야 할지, 즉, 일상 기능과 경미한 손상 중 어떤 것이 더 우선되어야 할지에 대해 고민의 여지를 제공한다. 그러나 조기에 뇌압을 경감시키지 못하면 NPH는 영구적 장애로 남게 되며, 이에 조기 감별진단만이 NPH의 성공적 치료의 첫 시작임(Gallia et al., 2006)에 고려할 때, 내재된 경미한 손상을 민감하게 찾아내는 것이야말로 임상가가 가장 우선시해야 할 원칙임은 분명하다. 따라서 말명료도만으로는 NPH를 선별하기 힘들며 그로 인해 NPH 가능성을 간과할 수 있음을 항상 명심해야 할 것이다. 더불어 DDK는 일상생활의 의사소통능력을 대변하는 과제라기보다 말산출 관련 최대 한계치를 이끌어내는 과제임 잊지 말고, 이 같은 DDK의 특성에 기반해 과제 사용과 결과 해석이 적절히 이루어져야 할 것이다.

HE와 NPH 두 집단 간 연령 차이, 문해력, 시지각 능력 등 말명료도에 영향을 미칠 수 있는 요인 등 매개변수들을 엄격하게 통제하지 못했다는 점에서 본 연구는 방법 상 제한점이 분명 존재한다. 그럼에도 불구하고 NPH 환자의 말운동능력을 다각적으로 분석하여 의미 있는 결과를 도출한 국내 최초의 시도라는 점에서 그 의의가 있을 것이다. 이에 연구자들은 본 연구를 통해 얻은 결과들을 종합하여 다음과 같은 제안을 하고자 한다. 첫째, DDK는 비침습적 행동데이터로서 NPH를 선별하는 데에 매우 유용한 방법이다. 둘째, accurate-token DDK와 all-token DDK 모두 의미 있는 정보를 제공하지만, 분석의 용이성을 고려해 부적절한 산출을 제외하는 수고 없이 산출시도 모두를 기계적으로 측정하는 all-token DDK 방법을 추천한다. 셋째, all-token DDK의 경우 /파타카/에서 HE와의 차이를 가장 명확하게 볼 수 있으므로, SMR 과제를 활용할 것을 제안한다. 넷째, DDK와 말명료도와는 유의한 상관이 없으므로, DDK 결과를 일상의

References

- Boscato, N., Hayakawa, H., Iida, T., Costa, Y. M., Kothari, S. F., Kothari, M., & Svensson, P. (2022). Impact of oral motor task training on corticomotor pathways and diadochokinetic rates in young healthy participants. *Journal of Oral Rehabilitation*, 49(9), 924-934.
- Bradley, W. G. (2000). Normal pressure hydrocephalus: New concepts on etiology and diagnosis. *American Journal of Neuroradiology*, 21(9), 1586-1590.
- Chankaew, E., Srirabheebhat, P., Manochipinig, S., Witthiwej, T., & Benjamin, I. (2016). Bulbar dysfunction in normal pressure hydrocephalus: A prospective study. *Neurosurgical Focus*, 41(3), E15.
- Cho Y. J., Park, K. S. Kang, K. H., & Ha, J. W. (in press). Effects of audio-visual and contextual conditions on auditory word recognition. *Communication Sciences & Disorders*, in press. doi: 10.12963/csd.231017
- Choe, J., & Han, J. S. (1998). Diadochokinetic rate of normal children and adults: A preliminary study. *Communication Sciences & Disorders*, 3(1), 183-194.
- Chung, E. H. (2018). *Deficits of language and speech in idiopathic normal pressure hydrocephalus* (Doctoral dissertation). Harvard Medical School, Boston, MA.
- Chung, O. R. (1994). *Daegu diagnostic aphasia examination*. Daegu, Korea: Korean Speech-Language & Hearing Association.
- Cohen, W., & Waters, D. (1999, August). Measuring speech motor skills in normally developing and phonologically disordered pre-school children. *Proceedings of the XIVth International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 789-792). San Francisco, CA.
- 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.
- Duffy, J. R. (2005). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management* (2nd ed.). St. Louis, MO: Elsevier Mosby.
- Duffy, J. R. (2013). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management* (3rd ed.). St. Louis, MO: Elsevier Mosby.
- Gallia, G. L., Rigamonti, D., & Williams, M. A. (2006). The diagnosis and treatment of idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Nature Clinical Practice Neurology*, 2(7), 375-381.
- Graff-Radford, N. R. (2007). Normal pressure hydrocephalus. *Neurologic Clinics*, 25(3), 809-832.
- Jung, E. Y., Cho, S. R., Kim, Y. J., & Kim, H. H. (2011). Characteristics of diadochokinesis in hypokinetic dysarthria: Rate and regularity. *Communication Sciences & Disorders*, 16(1), 74-82.
- Ha, S. (2023). Oral diadochokinetic production in children with typical speech development and speech - sound disorders. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 58(5), 1783-1798.
- Kang, K., Seo, S. D., Hwang, S. K., Seo, J. G., Park, J. S., Park, S. P., & Lee, H. W. (2014). Idiopathic normal-pressure hydrocephalus patient with an ataxic gait as the predominant presenting manifestation. *Journal of the Korean Neurological Association*, 32(3), 198-201.
- Kent, R. D., Kent, J. F., & Rosenbek, J. C. (1987). Maximum performance tests of speech production. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 52(4), 367-387.
- Kim, S. Y. (2008). *Maximum phonation time and diadochokinetic rate in normal Korean children* (Doctoral dissertation). Yonsei University, Seoul, Korea.
- Lee, C. H. (2022). The social changes and food situation in the late period of Joseon. *Food Science and Industry*, 55(2), 203-217.
- Lee, S. E. (2010). *Auditory-perceptual evaluation of the speech of hearing-impaired adults: Based on suprasegmental factors, speech intelligibility, and speech acceptability* (Doctoral dissertation). Yonsei University, Seoul, Korea.
- Ministry of Health and Welfare (2015). *70 years of health and welfare: From an era of poverty to a welfare society*. Seoul, Korea: Ministry of Health and Welfare.
- Park, K. E. (2013). *The effect of speech intelligibility of patients with Parkinson's disease on quality of communication life* (Master's thesis). Yonsei University, Seoul, Korea.
- Shprecher, D., Schwalb, J., & Kurlan, R. (2008). Normal pressure hydrocephalus: Diagnosis and treatment. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 8(5), 371-376.
- Song, H. N. (2012). *Consonant accuracy and speech intelligibility of paralyzed speech impaired people according to articulation complexity and articulation severity* (Master's thesis). Ewha Womans University, Seoul, Korea.
- Tjaden, K., & Watling, E. (2003). Characteristics of diadochokinesis in multiple sclerosis and Parkinson's disease. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 55(5), 241-259.
- Wang, Y. T., Kent, R. D., Duffy, J. R., & Thomas, J. E. (2009). Analysis of diadochokinesis in ataxic dysarthria using the Motor Speech Profile Program™. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 61(1), 1-11.

• **윤성희 (Seong Hee Yoon)**

대구대학교 대학원 재활과학과 석사과정생
경상북도 경산시 대구대로 201 대구대학교 재활과학대학
Tel: 053-850-4327
Email: bestshy339@gmail.com
관심분야: 언어병리학, 마비말장애

• **박기수 (Ki-Su Park)**

경북대학교 의과대학 신경외과학교실 교수
대구광역시 북구 칠곡중앙대로 136길 90 칠곡경북대학교병원
Tel: 053-200-5647
Email: kiss798@gmail.com
관심분야: 뇌과학, 정상압수두증

• **강경훈 (Kyunghun Kang)**

경북대학교 의과대학 신경과학교실 교수
대구광역시 북구 칠곡중앙대로 136길 90 칠곡경북대학교병원
Tel: 053-420-5765
Email: kyunghun.kang@hotmail.com
관심분야: 신경과학, 정상압수두증

• **윤장혁 (Janghyeok Yoon)**

건국대학교 산업공학과 교수
서울 광진구 능동로 120 건국대학교 공과대학
Tel: 02-450-0453
Email: janghyoon@konkuk.ac.kr
관심분야: 기술경영학, 헬스케어 데이터 애널리틱스

• **하지완 (Ji-Wan Ha)** 교신저자

대구대학교 언어치료학과 교수
경상북도 경산시 대구대로 201 대구대학교 재활과학대학
Tel: 053-850-4327
Email: jw-ha@daegu.ac.kr
관심분야: 마비말장애, 말소리장애

정상압 수두증 환자와 정상 노인의 조음교대운동 수행력 비교*

윤 성 희¹ · 박 기 수^{2,3} · 강 경 훈⁴ · 윤 장 혁^{3,5} · 하 지 완^{1,6}

¹대구대학교 대학원 재활과학과, ²경북대학교 의과대학 신경외과, ³네오폰스(주),
⁴경북대학교 의과대학 신경과학교실, ⁵건국대학교 산업공학과, ⁶대구대학교 언어치료학과

국문초록

정상압 수두증(normal pressure hydrocephalus, NPH)은 뇌의 뇌척수압은 정상 범위에 있지만 뇌척수액이 정상 수준보다 증가해 뇌실확장증을 유발하는 질환으로, 조음기관의 운동성과 범위가 감소해 조음교대운동(diadochokinesis, DDK)과 말명료도에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 NPH 환자 38명과 정상 노인 38명을 대상으로 /파/, /타/, /카/ 및 /파타카/에 대한 DDK 과제를 실시한 후, 정확한 산출만 측정된 DDK(accurate token-DDK)와 부정확한 산출 포함, 모든 산출시도를 측정된 DDK(all token-DDK)의 두 방법을 모두 사용해 그 결과를 비교하였다. 또한 DDK가 NPH와 정상 노인의 두 집단을 얼마나 정확하게 분류 가능한지, 그리고 DDK와 말명료도 간 상관관계는 어떠한지에 대해서도 알아보았다. 연구결과, NPH 집단과 정상 노인 집단 간에는 accurate token-DDK와 all token-DDK 모두에서 유의한 차이가 있었고, 집단 분류정확도는 accurate token-DDK의 경우 75.0%, all token-DDK의 경우 77.6%로 비교적 높았다. 그러나 NPH 집단에서 DDK 속도와 말명료도 측정값 간에는 유의한 상관관계가 없었다. 본 연구는 NPH 환자의 말운동능력을 민감하게 평가하는 데에 DDK가 유용한 방법임을 시사한다.

핵심어: 정상압 수두증, 조음교대운동 (DDK, diadochokinesis), 말운동협응력, 말명료도

참고문헌

- 강경훈, 서승돈, 황성규, 서종근, 박진성, 박성파, 이호원(2014). 보행실조증이 주 증상인 특발성정상압수두증. *대한신경과학회지*, 32(3), 198-201.
- 김수연. (2008). *유년층의 최대발성시간 및 조음교대운동속도* 연세대학교 박사학위논문.
- 박경은. (2013). *파킨슨병 환자의 말명료도가 의사소통 삶의 질에 미치는 영향* 연세대학교 석사학위논문.
- 보건복지부(2015). *보건복지 70년사: 가난의 시대에서 복지사회로 사회복지편*. 세종: 보건복지부.
- 송한내(2012). *조음복잡성 및 조음중증도에 따른 마비말장애인의 자음정확도와 말명료도* 이화여자대학교 석사학위논문.
- 이성은(2010). *청각장애 성인의 청지각적 말 평가: 초분절적 요소, 말 명료도, 말 용인도를 중심으로* 연세대학교 박사학위논문.
- 정옥란(1994). *대구 실어증 진단검사*. 대구: 한국언어치료학회.
- 정은영, 조성래, 김윤정, & 김향희. (2011). 운동감소형 마비말장애의 조음교대운동 특성. *언어청각장애연구*, 16(1), 74-82.
- 조유정, 박기수, 강경훈, 하지완(in press). 시-청각 및 문맥정보가

정상압수두증 환자의 청각적 단어재인에 미치는 영향. *언어청각장애연구*. doi: 10.12963/csd.231017

최정윤, 한진순(1998). 정상아동과 성인의 교대운동 속도에 관한 연구. *언어청각장애연구*, 3(1), 183-194.

* 이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2022S1A3A2A03089435).