연하장애 환자의 흡인을 선별하기 위한 음성기능 검사

송영진¹ · 이해나¹ · 유영진² · 최경효³ · 정소희⁴ · 이정훈⁵

¹서울아산병원 재활의학과 작업치료실, ²서울아산병원 재활의학과 언어치료실, ³울산대학교 의과대학 서울아산병원 재활의학과, ⁴연세대학교 의과대학 세브란스병원 재활의학과 작업치료실, ⁵가톨릭대학교 은평성모병원 재활의학과 작업치료실

Predicting Aspiration Using the Functions of Production and Quality of Voice in Dysphagic Patients

Young-Jin Song, O.T., M.S.¹, Hae-Na Lee, O.T., B.S.¹, Young-Jin Yoo, S.T., M.S.²,
Kyoung Hyo Choi, M.D, Ph.D.³, So-Hee Jung, O.T., B.S.⁴, Jeong-Hoon Lee, O.T., Ph.D.⁵

¹Department of Occupational Therapy, Rehabilitation Medicine, Asan Medical Center, Seoul, ²Department of Speech Pathology Therapy, Rehabilitation Medicine, Asan Medical Center, Seoul, ³Department of Rehabilitation Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, ⁴Department of Rehabilitation Medicine, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, ⁵Department of Occupational Therapy, Rehabilitation Medicine, The Catholic University of Korea, Eunpyeong St. Mary's Hospital, Seoul, Korea

Objective: This study aims to identify the usefulness of voice function in early screening for dysphagia. We sought to evaluate if screening tests through the functions of production and quality of voice were correlated with aspiration in dysphagic patients.

Methods: This study involved 55 participants who were referred to videofluoroscopic swallowing study (VFSS) for suspected dysphagia. Blinded examiners rated the voice production function (MVI, MPT) using a portable instrument and evaluated the quality of voice (jitter, shimmer, NHR) using Visi-pitch. Swallowing functions were also evaluated by utilizing the penetration-aspiration scale (PAS), American Speech-Language-Hearing Association (ASHA), National Outcome Measurement System (NOMS) swallowing scale and VDS. The patients were divided into two groups, the penetration group, and the aspiration group according to the PAS score. The difference in variables was analyzed using the Mann-Whitney U test between the two groups. The relationship between voice parameters and swallow-related parameters was determined using the Spearman correlation coefficient. In addition, the cut-off, sensitivity, and specificity of meaningful variables in silent aspiration were analyzed using the ROC curve analysis.

Results: The functions of production and quality of voice were found to be significantly different between the penetration and aspiration groups ($P < .000$). The PAS score was correlated with all parameters of the functions of production and quality of voice ($P < .001$). VDS was correlated with MVI, ASHA was correlated with MVI, and Shimmer ($P < .001$). The meaningful variables for silent aspiration were jitter and shimmer.

Conclusion: Through a clinical screening test, it may be possible to predict the difference between penetration and aspiration through the functions of production and quality of voice. (JKDS 2022;12:50-58)

Keywords: Silent aspiration, Dysphagia, PAS, Screening test, Voice function

투고일: 2021년 6월 9일, 심사일: 2021년 6월 11일, 게재확정일: 2021년 7월 15일

책임저자 : 이정훈, 서울시 은평구 통일로 1021

(03312) 가톨릭대학교 은평성모병원 재활의학과 작업치료실

Tel: 02) 2030-2881, Fax: 02) 2030-2876, E-mail: lovelyg0125@gmail.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License, which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. Copyrights © The Korean Dysphagia Society, 2022.

서론

연하장애는 뇌손상, 뇌졸중, 퇴행성 뇌질환, 두경부암, 호흡기계 질환 등 다양한 질환에서 빈번하게 나타날 수 있는 합병증으로 영양 상태에 영향을 주거나, 흡인성 폐렴을 일으켜 심각한 손상을 줄 수 있다^{1,2}. 국내에서는 연하장애의 기능 상태 수준과 치료 효과를 파악하기 위해서 연하장애 선별검사가 시행되고 있으며, 연하장애 재활치료는 다양한 병원종별의 기관에서 요양급여비용 대상으로 적용되고 있다³. 이에 연하장애 기능상태 확인을 위해 일반적으로 비디오 투시연하검사(이하 VFSS), 광섬유 내시경적 연하검사(이하 FEES) 등의 검사가 시행되고 있지만, 검사 중 조영제 사용으로 인한 침습위험, 고가의 장비, 안전성 등으로 설치가 어려운 병원이 많고, 검사 표준화 등의 문제가 제기되고 있다^{4,5}.

연하장애 선별검사에 대한 선행연구의 체계적 고찰에서는 구인두의 감각운동 기능, 구음장애, 구역반사, 삼킴 후 목소리 변화 또는 기침반응, 삼킴 반사 등의 임상적 특징을 확인한다고 하였다⁶. 연하장애 선별검사를 통해 흡인을 예측하여 뇌졸중 관련 폐렴과 사망률을 낮추는 효과가 있다는 연구들이 있으나 선별검사의 시기나 항목의 적절성에 대해서는 현재까지는 근거가 명확하지 않다고 하였다^{6,8}.

무증상을 포함한 흡인은 삼킴 과정에서 성대 수준 밑으로 음식물이 유입되는 것으로 다양한 원인에 의해 발생할 수 있다^{1,2,5}. 특히 성대는 기도의 밸브로 삼킴 과정에서 흡인을 방지하는 중요한 기능을 가지기 때문에⁹, 흡인 증상이 있는 경우 성대강화훈련을 통해 기능을 향상시키는 치료가 적용되기도 한다¹⁰⁻¹³. 연하 과정에서 성대의 중요한 기능에도 불구하고 연하장애 선별검사로 음성의 기능을 평가하여 연하장애 정도나 흡인과의 관련성을 예측하는 연구는 상대적으로 많지 않다^{14,15}.

국제 기능·장애·건강 분류체계에서는 음성기능(b310)을 음성을 산출하는 '발성 기능'과 '음성의 질에 대한 기능'으로 분류하고 있다¹⁶. 그 중 발성기능은 후두와 호흡계 주위 근육의 협응을 통하여 소리를 만드는 기능으로 간단한 장비로 발성의 강도, 지속시간에 대해 객관적으로 수치화 할 수 있기 때문에 진료 및 치료실에서 간단하게 검사가 가능하고, 변수에 대한 해석이 용이하다는 장점이 있다^{13,17,18}. 또한 음질 평가를 통해 인두기 기능을 예측한 연구에서는 주파수변동률(Jitter), 진폭변동률(Shimmer), 소음대배음 비율(Noise to Harmony Ratio)을 측정하여 평균 음성 변동률과 진폭 변동률이 침습-흡인과 유의미한 상관관계가 있으며 선별검사로 사용할 수 있음을 제안하였으나 객관적 지표로 사

용하기 위하여는 더 많은 연구가 필요하다¹⁹⁻²¹.

따라서 본 연구에서는 침습과 흡인군간 음성기능의 차이를 비교하고, 연하기능과 음성기능의 상관성을 확인하여 음성기능 검사가 침습과 흡인의 정도를 선별할 수 있는지 알아보고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2018년 9월부터 2020년 2월까지 A병원에서 연하장애로 의심되어 VFSS에 의뢰된 60명의 환자를 대상으로 하였으며 동의서 오기 및 데이터 부족으로 인해 중도 탈락한 5명을 제외한 총 55명이 최종 포함되었다. 선정 기준은 다음과 같다.

첫째, 지시 따르기가 가능하여 평가를 수행할 수 있는 환자, 둘째, 만 20세 이상의 성인, 셋째, 청력 장애가 없는 자, 넷째, 기관절개술을 시행하지 않은 자, 다섯째, 본 연구 참여에 동의한 자.

2. 연구 도구

1) 발성기능 검사

후두와 호흡계 주위 근육의 협응을 통하여 소리를 만드는 기능이다.

(1) 최대발성강도(Maximal voice intensity: 이하 MVI)

대상자의 입술에서 30 cm 간격을 두고 삼각대 위에 디지털 음성 측정기(DAP Digital Sound Level Meter)를 설치하였다. 배경 소음없는 조용한 치료실에서 본인이 낼 수 있는 가장 큰 소리를 /a/ 발음으로 낼 수 있도록 지시하였다. 이 과정을 1회 시범을 보이고 2-3회 연습 한 뒤에 1분 간격으로 3회 측정한 후 가장 최대 발성한 음성 신호(dB SPL)를 최종 분석의 대상으로 하였다^{11,18,22}.

(2) 최대발성지속시간(Maximum Phonation Time: 이하 MPT)

최대흡기 후 평소 일상대화의 수준인 중간 소리 모음 /a/를 최대한 길게 지속 발성하게 하였다. 이 과정을 1회 시범을 보이고 2-3회 연습 한 뒤에 발성의 지속시간을 타이머를 이용하여 '초'단위로 측정하였다. 1분 이상 휴식시간을 두고 모음 /a/를 일정하게 유지하면서 소리를 내도록 하였고, 3회 시도하여 가장 길게 발성한 값을 최종 분석의 대상으로 하였다^{11,13,23}.

2) 음질 검사

음질에 대한 기능은 높낮이, 공명 및 기타 특성을 포함한 음성의 특징을 만드는 기능으로 정의된다¹⁶. KAY PENTAX

사의 Visi-Pitch IV (Model 3950B)를 이용하여 주파수변동율(Jitter), 진폭변동률(Shimmer), 소음대배음 비율(Noise to Harmony Ratio)로 음질을 측정하였다^{15,20,24}.

(1) 주파수변동율(Jitter)

Jitter는 음성주기(F0의 섭동)의 불규칙한 지속 시간을 나타내며 성대의 불규칙한 떨림과 관련이 있다. 높은 Jitter는 연속적인 사이클이 동일하지 않음을 의미한다. 백분율로 나타내며 정상치 기준은 $N < 1.040$ 이다¹⁹.

(2) 진폭변동률(Shimmer)

Shimmer는 진폭 섭동을 나타내며 값이 높으면 스피커가 연속적인 음성주기에서 일정한 진폭을 유지할 수 없음을 의미한다. 정상치 기준은 $N < 3.810$ 이다¹⁹.

(3) 소음대배음 비율(Noise to Harmony Ratio: 이하 NHR)

NHR은 연속적인 음성주기의 파형 모양의 고조파를 나타내며 신호의 백색 잡음 양에 대한 고조파 양을 나타낸다. 정상치 기준은 $N < 0.190$ 이다¹⁹.

3) 연하기능 검사

(1) 비디오투시 연하장애 척도(Videofluoroscopic Dysphagia Scale: 이하 VDS)

VDS는 VFSS 영상을 분석하여 구강기와 인두기의 삼킴 기능을 평가하며, 총 14항목으로 구성되어 있다. 입술폐쇄, 식과 형성, 저작, 실행증, 혀개개 접촉, 미성숙유출, 구강통과시간, 인두기 유발, 후두개곡의 잔여물, 후두상승, 이상동의 잔여물, 인두벽 코팅, 인두통과시간, 흡인에 대해 점수를 산정한다. 점수는 최소 0점에서 최대 100점으로 점수가 낮을수록 정상을 의미한다²⁵. 민감도는 91%, 특이도는 92%로 연하장애를 예측하기에 유용한 도구이며²⁶, 평가자 간 신뢰도는 .55이다²⁵.

(2) 침습-흡인 척도(Penetration-Aspiration Scale: 이하 PAS)

PAS는 성대주름을 기준으로 후두 통과와 기도 흡인 여부에 따라 8단계로 구분되며 단계가 높을수록 침습-흡인 증상이 심함을 의미한다. 1점은 정상범위, 2-5는 침습, 6-8은 흡인으로 판정하며, 특히 8점은 무증상 흡인이 있는 것을 의미한다^{5,9,27}. 삼키는 동안 기도 침습과 흡인의 정도를 설명하고 측정하기 위해 사용하는 신뢰도, 타당도 있는 표준 방법으로 사용되고 있다^{9,28}.

(3) 미국 언어청각협회 연하척도(American Speech-Language Hearing Association National Outcome Measurement System Swallowing Scale: 이하 ASHA-NOMS)

1-7점 척도로 이루어진 ASHA-NOMS는 환자의 식이 방

법과 상태에 따라 임상적으로 연하장애의 정도를 판단하기에 좋은 척도이다. 각 단계마다 식이 방법, 필요한 감독의 정도, 보상적인 전략 사용이 포함되어 있는 다차원의 도구이다. 1단계가 연하장애가 가장 심한 것을 의미하고 7단계는 정상적으로 독립적 식이가 가능한 것을 의미한다. ASHA-NOMS는 VDS와 상관관계가 있으며 타당도가 높은 척도이다^{29,30}.

3. 연구 절차

해당 연구를 진행하는 동안 인간 대상자의 윤리적 연구 이용에 관한 관련 기관의 규제를 지켰으며, 의학연구윤리심의위원회의 승인을 받았다. 대상자는 연하장애로 의심되어 VFSS에 의뢰된 환자를 대상으로 하였으며, 1명의 검사자가 녹화된 VFSS 영상을 통해 PAS와 VDS 점수를 분석하였고, 섭식상태는 ASHA-NOMS 단계를 기준으로 산정하였다. 다른 1명의 검사자는 휴대용 발성검사 도구를 이용하여 최대발성강도, 최대발성지속시간을 검사하였고, 또 다른 검사자는 Visi-Pitch를 이용하여 음성의 질을 분석하였다. VFSS와 음성검사를 실시한 기간이 5일 이내인 경우만 대상자에 포함하였다.

4. 분석방법

본 연구에서는 SPSS 24.0 통계 프로그램을 사용하여 자료를 분석하였다. 연구 대상자들의 일반적 특성은 기술통계로 분석하였다. 대상자는 PAS점수를 기준으로 침습군과 흡인군으로 분류한 후 연하기능(VDS, ASHA NOMS)과 음성기능(MVI, MPT, Jitter, Shimmer, NHR)에서 집단간 차이가 있는지 알아보기 위해 Mann-Whitney U-test를 실시하였다. 연하기능과 음성기능의 연관성은 Spearman 상관분석을 이용하여 연하기능(PAS, VDS, ASHA NOMS)과 음성기능(MVI, MPT, Jitter, Shimmer, NHR) 간의 상관관계를 알아보았다. 또한 무증상 흡인군에 대해 Receiver Operating Characteristic (ROC) curve analysis를 통해 분류기준점(Cut-off score)에 따른 Area Under the Curve (AUC), P value, 95% CI, 민감도, 특이도를 분석하였으며, Youden Index (민감도+특이도-1)를 사용하여 가장 큰 값의 점수를 분류기준점으로 하였다(Perkins & Schisterman, 2006).

연구 결과

1. 연구 대상자 특성

전체 대상자의 일반적인 특성은 남자 40명(72.7%), 여자 15명(27.3%)이었으며, 나이는 평균 65.95 ± 12.21 세였다.

연하장애 발병일은 평균 1.58 ± 0.81 개월이며, 질환은 뇌졸중 30.9%, 뇌 관련 질환 14.55%, 종양 12.73%, 파킨슨 병 9.09% 순으로 뇌졸중 환자의 비율이 가장 높았다. 연구 그룹은 PAS 점수를 기준으로 하여 2-5점은 침습군 19명 (34.55%), 6-8점은 흡인군 36명 (65.45%)으로 분류하였다. 두 집단 간 일반적 특성에는 유의한 차이가 없는 것으로 확인되었다.(Table 1)

2. 침습과 흡인 그룹간 연하기능과 음성기능의 차이 비교

침습과 흡인군 간 연하기능과 음성기능의 점수 차이를 비교한 결과, 집단간에 모든 점수에서 서로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.(Table 2) 연하기능의 VDS는 $29.32 \pm 21.26 / 49.53 \pm 18.32$ ($P < .001$), ASHA NOMS는 $4.26 \pm 1.69 / 2.33 \pm 1.69$ ($P < .000$), 발성기능의 MVI는 $82.78 \pm 12.08 / 66.66 \pm 11.69$ ($P < .000$), MPT는 $9.25 \pm 5.02 / 4.76 \pm 3.49$ ($P < .001$),

음질의 기능 중 Jitter는 $2.91 \pm 4.77 / 6.01 \pm 6.46$ ($P < .006$), Shimmer는 $7.86 \pm 6.72 / 12.54 \pm 9.25$ ($P < .006$), NHR는 $0.28 \pm 0.33 / 0.38 \pm 0.37$ ($P < .021$)로 차이가 있었다.

3. 연하기능과 음성기능의 상관관계

연하기능과 음성기능의 상관분석 결과에서 PAS와 MVI, MPT, Jitter, Shimmer, NHR 간에 모두 유의한 상관관계를 보였다($P < .05$; $P < .001$). 또한 VDS와 MVI 간($P < .05$), ASHA NOMS와 MVI ($P < .05$), ASHA NOMS와 Shimmer ($P < .05$) 간에 유의한 상관관계를 보였다.(Table 3)

4. 무증상 흡인에 대한 음성기능검사의 분류 기준점과 민감도 및 특이도 결과

무증상 흡인을 선별하는지 알아보기 위해 음성기능검사에 대한 ROC 분석을 한 결과, 무증상 흡인을 선별하는 유의한 검사는 Jitter와 Shimmer로 나타났다. AUC는 Jitter

Table 1. General characteristics of subjects (N=55).

	Total	Penetration Group	Aspiration Group
N (%)	55 (100)	19 (34.55)	36 (65.45)
Age, yrs (mean $\pm$ SD)	65.95 $\pm$ 12.21	62.26 $\pm$ 17.18	67.89 $\pm$ 8.18
Sex, male/female	40/15	13/6	27/9
Period since dysphagia (month)	1.58 $\pm$ 0.81	1.42 $\pm$ 0.77	1.67 $\pm$ 0.83
Cause of dysphagia, n (%)			
Stroke	17 (30.91)	9	8
Brain damage	8 (14.55)	3	5
Cancer	7 (12.73)	1	6
Parkinson's disease	5 (9.09)	0	5
Organ transplantation	4 (7.27)	0	4
Respiratory disease	1 (1.82)	0	1
Others	13 (23.64)	6	7

Penetration Group: PAS 2-5; Aspiration Group: PAS 6-8.

Statistically significant **P value < .01, ***P < .05.

Table 2. Comparison of group about swallowing and voice function (N=55).

	Parameter	Penetration Group (N=19)	Aspiration Group (N=36)	P value
Swallowing function	PAS	3.37 $\pm$ 1.21	7.56 $\pm$ 0.61	.000
	VDS	29.32 $\pm$ 21.26	49.53 $\pm$ 18.32	.001
	ASHA-NOMS	4.26 $\pm$ 1.69	2.33 $\pm$ 1.69	.000
Voice production	MVI	82.78 $\pm$ 12.08	66.66 $\pm$ 11.69	.000
	MPT	9.25 $\pm$ 5.02	4.76 $\pm$ 3.49	.001
Voice quality	Jitter	2.91 $\pm$ 4.77	6.01 $\pm$ 6.46	.006
	Shimmer	7.86 $\pm$ 6.72	12.54 $\pm$ 9.25	.006
	NHR	0.28 $\pm$ 0.33	0.38 $\pm$ 0.37	.021

PAS: Penetration-Aspiration Scale, VDS: Videofluoroscopic Dysphagia Scale, ASHA-NOMS: American Speech-Language Hearing Association National Outcome Measurement System Swallowing Scale, MVI: Maximal Voice Intensity, MPT: Maximum Phonation Time, NHR: Noise to Harmony Ratio.

Table 3. Correlations between PAS score and voice function.

Parameter	Voice production		Voice quality		
	MVI	MPT	Jitter	Shimmer	NHR
PAS	-.732**	-.570**	.471**	.344*	.344*
VDS	-.304*	-.108	.201	.262	.204
ASHA NOMS	.294*	.096	-.265	-.333*	-.263

PAS: Penetration-Aspiration Scale, VDS: Videofluoroscopic Dysphagia Scale, ASHA-NOMS: American Speech-Language Hearing Association National Outcome Measurement System Swallowing Scale, MVI: Maximal Voice Intensity, MPT: Maximum Phonation Time, NHR: Noise to Harmony Ratio.

Statistically significant **P value < .01, *P < .05.

Table 4. ROC analysis according to the prediction of silent aspiration risk (N=22).

Parameter	AUC	Cut off value	SE	P value	95% CI	Sensitivity (%)	Specificity (%)
Jitter	.747	4.9375	.069	.002	.612-.881	54.5	87.9
Shimmer	.668	10.0405	.074	.036	.522-.814	59.1	72.7

Fig. 1. Specificity and sensitivity lines ROC curve of silent aspiration risk.

(0.747, $P < .002$), Shimmer (0.668, $P < .036$)였으며, 무증상 흡인을 예측하는 분류 기준점은 Jitter는 4.9375점을 기준으로 민감도 54.5%. 특이도 87.9%, Shimmer는 10.0405점을 기준으로 민감도 54.5%. 특이도 87.9%였다.(Table 4, Fig 1)

고찰

본 연구에서는 침습과 흡인군간 음성기능의 차이를 비교하고, 연하기능과 음성기능의 상관성을 확인하여 음성기능 검사가 침습, 흡인과 무증상 흡인을 예측할 수 있는지 알아보려고 하였다.

연하장애 환자는 기도 폐쇄, 영양 실조 및 폐렴 등의 합병증의 위험이 있다고 알려져 있으며⁶, 특히 뇌졸중 환자의 8.7%-26.9%에서 흡인으로 인한 흉부 감염이 보고되고 있어 연하장애가 중요한 임상 문제로 대두되고 있다^{40,41}. 최근에는 입원 초기에 경구 섭취 전 연하장애 선별 검사를 시행하는 프로토콜을 적용하여 뇌졸중과 관련된 폐렴(SAP)의 발생률을 낮추려는 연구들이 보고되고 있다^{7,31}.

임상에서는 연하장애를 선별하기 위해 삼킴 후의 기침반응, 지연된 삼킴 반사, 구강기의 기능 저하, 구강안에 잔여물 유무 등을 파악하는 다양한 방법으로 연하 기능의 중증도를 평가하고 있으며, 그 중 음성 기능을 평가하여 흡인 유무를 판별하는 방법도 지속적으로 연구되고 있다^{6,18-23}.

삼킴 후 음성기능 상태의 변화를 확인하는 연구는 비교적 활발하게 진행되었는데, 삼킴 후 “젖은 목소리”, “거글거리는 목소리” 같은 음성의 질 변화는 침습 및 흡인과 관계가 있음을 보고하였다^{32,34,36}. 다만, 음성의 질을 확인하는 것이 검사자의 주관적인 판단이 개입되기 때문에, 비정상적인 음성에 대한 지각 및 청각 측정은 검사자 간 낮은 신뢰도를 보인다고 하였다^{15,32,33}. 또한 삼킴 후 음성의 질 변화는 음식의 성상에 따라 차이가 있어 음성의 질을 확인하는 단일 검사로는 연하장애 정도를 선별하기에 제한이 있다는 연구 결과들도 보고되고 있다³²⁻³⁵.

음성 기능을 객관적으로 평가한 연구를 살펴보면 음성의 최대강도, 최대지속시간뿐 아니라 Dysphonia Severity Index, Voice onset time, Pitch elevation 등 발성기능에 대한 다양한 변수를 통해 연하기능을 예측한 연구들이 있었으며^{10,13,23,35,37,38}, 성대에 의해 생성된 음향 신호의 분석을 통해 음질에 대한 변수들을 평가한 연구들도 보고되고 있다^{15,20,24}. 그러나 현재까지 연하기능을 선별하는 데 있어 음성 기능을 종합적으로 연구한 경우는 매우 드물고, 연하기능과 음성기능간에 관련성을 입증하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다¹⁹.

본 연구에서는 연하장애 환자의 음성기능을 분석한 결과 침습군과 흡인군에서 발성기능(MVI, MPT)과 음질(Jitter, Shimmer, NHR)에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. MVI는 소리를 최대한 크게 내는 능력으로 공기 흐름을 막는 후두 밸브의 기능을 유추해 볼 수 있다¹¹. G.H. McCullough 등은 쉼 목소리나 잠긴 목소리보다 발성장애의 유무가 흡인의 지표로 유용하게 사용될 수 있다고 하였다³². 또한 선행 연구에서는 흡인이 있는 환자에서 MPT가 유의하게 짧기 때문에, 흡인의 지표로서 가능성을 제안하였다^{13,39}. MPT는 호흡과 성대의 협응력이 있어야 지속될 수 있으며, 이는 연속적으로 삼키는 과정에서 성대 폐쇄를 유지시켜 흡인을 방지하는 주요 방어 메커니즘으로 작용하게 된다¹². 본 연구에서도 침습군에 비해 흡인군의 MPT가 유의하게 짧았던 것은 호흡과 성대기능의 협응 저하로 인해 삼키는 동안 성대의 폐쇄를 지속적으로 유지하는 데 어려움이 있었던 것으로 예측해 볼 수 있다.

본 연구에서는 음질의 기능에 대해 침습군과 흡인군에서 차이가 있는지 분석한 결과 Jitter, Shimmer, NHR 값 모두에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 선행 연구에서는 그 결과를 다양하게 보고하고 있는데 De Bruijn 등은 Visi-Pitch를 이용하여 침습군과 흡인군간 음질의 차이가 있는지 분석한 결과 Jitter, Shimmer, NHR 값의 차이는 연하기능과의 관련성이 없다고 하였다¹⁹. Ryu 등의 연구에

서는 Jitter, Shimmer, NHR 변수를 통해 침습-흡인을 예측할 수 있는지 분석한 결과 NHR에서만 유의한 차이를 보였다고 하였다²⁰. 또한 Rajappa 등의 연구에서는 무증상 흡인(PAS 8)과 음질과의 연관성을 확인하였는데 음성에서 연속적인 사이클이 동일하지 않고, 연속적인 음성주기에서 일정한 진폭을 유지할 수 없으며, 신호의 백색 잡음 양에 대한 고조파의 양이 많아 불량한 음질 상태이기 때문에 흡인의 위험에 노출될 수 있다고 하였다^{20,46}.

연하기능과 음성기능간 상관관계를 분석한 결과 PAS는 MVI, MPT, Jitter, Shimmer, NHR과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. Lee 등의 연구에서도 연하장애 환자들이 일반적으로 정상인 집단에 비해 쉼 목소리나 거친 소리 같은 음성적인 변화를 보이고 Jitter, Shimmer와 같은 변동율 파라미터에서 높은 수치를 나타내며, NHR과도 상관성이 있다고 하였다⁴⁵.

연하기능과 음성기능 간 관련성은 치료 효과에 대한 연구를 통해서도 보고되고 있다. 정상 노인군과 파킨슨 환자를 대상으로 음성강화 훈련을 시행하였을 때 연하기능의 향상과 흡인성 폐렴의 발생을 감소가 있다고 하였고^{12,17}, 파킨슨 환자의 음성기능훈련에 대한 체계적 고찰에서는 음성기능 강화 훈련을 했을 때 성대기능이 향상되어 언어기능뿐 아니라 연하기능을 향상시킬 수 있다고 하였다¹¹. 또한 연하기능을 향상시키기 위한 샤키어 운동이 상설골근과 후두의 움직임 강화할 뿐 아니라 음성기능을 향상시켰다고 하였다¹⁰. 그러나 음성기능과 연하기능의 관련성은 변수에 따라 다양한 결과로 보고하였는데, Lim 등과 Satoshi Yamaguchi 등 연구에서는 MPT가 PAS뿐 아니라 구강, 인두기능 모두에서 높은 상관관계를 가진다고 한 반면^{13,39}, Ko 등의 연구에서는 MPT가 구강 인두기능과 상관관계가 있으나 PAS와는 직접적인 관련성이 없다고 하였다²³. 또한, 본 연구 결과에서는 발성과 음질에 대한 변수가 PAS와 상관관계를 보인 반면 VDS, ASHA와는 약한 상관관계를 보이거나 관련성이 없었는데 이는 VDS와 ASHA는 전반적인 구강과 인두의 연하기능을 통합하는 검사 항목을 포함하고 있는 반면, 상대적으로 성대 기능을 나타내는 음성 변수들이 침습-흡인을 나타내는 PAS와 관련성이 높게 나타난 것으로 생각된다. 여러 연구 결과를 종합해 보았을 때 연하기능과 음성과의 관련성에는 아직까지 논란의 여지가 있으므로 향후 잘 설계된 조건에서의 연구가 필요할 것이다.

연하장애 선별검사 시 임상적으로 대상자에게 침이나 음식을 삼키게 한 후 기침이나 사래 증상이 나타난다면 검사자가 흡인이 있다고 판단할 수 있지만, 목소리 변화를 인지하여 침습과 흡인을 구별하기는 어려우며 무증상 흡인에 대

해서는 전혀 인식하지 못하는 어려움이 있다. 실제로 급성기 병원에 입원하여 흡인성 폐렴이 발생한 환자 중 58.2%에서 무증상 흡인이 있다고 보고하고 있으며⁴¹, VFSS에서 흡인으로 판정되는 소아환자의 89%에서 무증상 흡인이 나타났다⁴². 본 연구에서도 PAS 점수가 6-8점으로 흡인으로 판정된 환자 36명 중 61%인 22명이 무증상 흡인(PAS 8점)으로 나타났다.

본 연구에서 음성기능으로 무증상 흡인을 예측할 수 있는지 알아보기 위해 ROC Curve analysis를 통해 분류기준점을 알아 본 결과 무증상 흡인군을 선별할 수 있는 유의한 음성 변수는 Jitter와 Shimmer로 AUC가 Jitter 0.747 ($P < .002$), Shimmer 0.666 ($P < .036$)이었으며, Shimmer보다는 Jitter가 무증상 흡인을 선별하기에 더 유용한 것을 알 수 있었다. 무증상 흡인을 예측하는 Jitter의 분류기준점은 4.9375점으로 민감도 54.5%, 특이도 87.9%였다. 음성기능을 검사한 후 결과값으로 흡인의 Cut-off 기준을 정한 연구들을 보면 Ryu 등 연구에서는 흡인에 대한 예측에서 RAP (Relative average perturbation)가 민감도 91.1%, 특이도 97.9%였으며, RAP와 Shimmer를 동시에 복합적으로 적용했을 때에 민감도가 97.8%로 향상된다고 하였다²⁰. Lim 등 연구에서는 침습에 대한 MPT Cut-off가 9.08, 흡인에 대한 MPT Cut-off가 7.98로 민감도 91.3%, 특이도 96.2%였다³⁹. 본 연구에서는 MPT와 MVI, NHR은 PAS와 상관관계가 있음에도 불구하고, 무증상 흡인을 유의하게 선별하는 기준점을 잡을 수 없었다. 이와 같이 다양한 연구 결과를 고려하였을 때 음성기능과 연하기능, 무증상 흡인과 관련된 변수에 대해 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 침습-흡인이 있는 연하장애 환자만을 대상으로 했기 때문에 결과의 일반화에는 제한이 있을 것으로 생각된다. 또한, VFSS 점수를 기준으로 음성기능과의 상관성을 확인하였지만, 후두뿔개나 모뿔뿔개주름의 각 기능을 고려하지는 못하였다. 무증상 흡인은 감각기능과의 연관성이 높기 때문에 인두 감각을 정량적으로 측정할 수 있는 광섬유 내시경적 연하검사를 통하여 감각기능과의 상관관계를 확인하는 연구가 필요할 것이다⁴⁷.

임상적으로 연하장애 선별검사는 침습과 흡인의 정도를 예측하는 것도 중요하지만, 무증상 흡인을 예측하는 것이 가장 중요한 과제이기 때문에, 향후 정상군을 포함하여 침습-흡인과 무증상 흡인의 선별을 위한 음성기능 검사의 임상적 유용성 연구가 지속적으로 필요하다. 본 연구는 음성기능 검사가 침습, 흡인, 무증상 흡인을 예측할 수 있는 가능성을 확인했다는 점에 임상적인 의의가 있다고 생각된다.

결론

연하장애 환자에서 침습군과 흡인군의 발성기능과 음질을 포함한 음성기능 점수는 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, PAS 점수와 음성기능 검사에도 모두 유의한 상관관계가 있었다. 또한 음질 변수를 통해 무증상 흡인을 예측할 수 있는 가능성을 확인하였다. 향후 임상에서 활용 가능한 다면적 음성기능을 고려하여 표준화된 선별검사의 지속적인 연구가 필요할 것이다.

REFERENCES

1. COOK, Ian J. Oropharyngeal dysphagia. *Gastroenterology Clinics*, 2009;38:411-431. doi:10.1016/j.gtc.2009.06.003
2. ROMMEL, Nathalie; HAMDY, Shaheen. Oropharyngeal dysphagia: manifestations and diagnosis. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 2016;13:49-59. doi: 10.1038/nrgastro.2015.199.
3. SEO, Sang-Min, et al. Study on the Status of Dysphagia Rehabilitation. *Journal of the Korean Dysphagia Society*, 2020;10:47-55.
4. YOON, Dasom, et al. Current Status of Videofluoroscopic Swallowing Study Practice in Korea through Surveying Experts and Conducting Field Study. *Journal of the Korean Dysphagia Society*, 10:56-64.
5. MOON, Myunghoon, et al. Frequency and Characteristics of Videofluoroscopic Swallow Study in Patients with Aspiration Pneumonia. *Journal of the Korean Dysphagia Society*, 2018;8:48-55.
6. PERRY, Lin; LOVE, Claire P. Screening for dysphagia and aspiration in acute stroke: a systematic review. *Dysphagia*, 2001;16:7-18.
7. ELTRINGHAM, Sabrina A., et al. Impact of dysphagia assessment and management on risk of stroke-associated pneumonia: a systematic review. *Cerebrovascular Diseases*, 2018;46:97-105.
8. SMITH, Eric E., et al. Effect of dysphagia screening strategies on clinical outcomes after stroke: a systematic review for the 2018 guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke. *Stroke*, 2018; 49:e123-e128. DOI: 10.1161
9. BORDERS, James C.; BRATES, Danielle. Use of the penetration-aspiration scale in dysphagia research: a systematic review. *Dysphagia*, 2019;1-15.
10. EASTERLING, Caryn. Does an exercise aimed at improving swallow function have an effect on vocal function in the healthy elderly?. *Dysphagia*, 2008;23:317-326.
11. RUSSELL, John A., et al. Targeted exercise therapy for voice and swallow in persons with Parkinson's disease. *Brain research*, 2010;1341:3-11.
12. FUJIMAKI, Yoko, et al. Independent exercise for glottal incompetence. to improve vocal problems and prevent

- aspiration pneumonia in the elderly: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 2017;31:1049-1056.
13. YAMAGUCHI, Satoshi, et al. Relationship between swallowing function and breathing/phonation. *Auris Nasus Larynx*, 2018;45:533-539.
 14. EL SHARKAWI, A., et al. Swallowing and voice effects of Lee Silverman Voice Treatment (LSVT[®]): a pilot study. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 2002; 72:31-36.
 15. WAITO, Ashley, et al. Voice-quality abnormalities as a sign of dysphagia: validation against acoustic and videofluoroscopic data. *Dysphagia*, 2011;26:125-134.
 16. International Classification of Functioning, Disability and Health :ICF <https://apps.who.int/classifications/icfbrowser/h>
 17. DE ANGELIS, E. C., et al. Effect of voice rehabilitation on oral communication of Parkinson's disease patients. *Acta Neurologica Scandinavica*, 1997;96:199-205.
 18. BARRETT, Elizabeth Ann; LAM, Wency; YIU, Edwin ML. Elicitation of minimum and maximum fundamental frequency and vocal intensity: Discrete half steps versus glissando. *Journal of Voice*, 2020;34:179-196.
 19. DE BRUIJN, Marieke J., et al. Associations between voice quality and swallowing function in patients treated for oral or oropharyngeal cancer. *Supportive Care in Cancer*, 2013;21:2025-2032.
 20. RYU, Ju Seok; PARK, Seo Rin; CHOI, Kyoung Hyo. Prediction of laryngeal aspiration using voice analysis. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 2004;83:753-757.
 21. Shanmugam Murugappan. Acoustic characteristics of phonation in "wet voice" conditions. *J. Acoust. Soc. Am.* 127 4, April 2010
 22. MILES, Anna, et al. Effect of Lee Silverman Voice Treatment (LSVT LOUD[®]) on swallowing and cough in Parkinson's disease: A pilot study. *Journal of the Neurological Sciences*, 2017;383:180-187.
 23. KO, Eu Jeong; CHAE, Minji; CHO, Sung-Rae. Relationship between swallowing function and maximum phonation time in patients with Parkinsonism. *Annals of rehabilitation medicine*, 2018;42:425.
 24. DWIRE, Amy; MCCAULEY, Rebecca. Repeated measures of vocal fundamental frequency perturbation obtained using the Visi-Pitch. *Journal of Voice*, 1995;9:156-162.
 25. HAN, Tai Ryoan, et al. The prediction of persistent dysphagia beyond six months after stroke. *Dysphagia*, 2008; 3:59-64.
 26. KIM, Dae Ha, et al. Inter-rater reliability of videofluoroscopic dysphagia scale. *Annals of rehabilitation medicine*, 2012;36:791.
 27. ROSENBEK, John C., et al. A penetration-aspiration scale. *Dysphagia*, 1996;11:93-98.
 28. WICK, Elizabeth H., et al. Reliability and construct validity of the penetration-aspiration scale for quantifying pediatric outcomes after interarytenoid augmentation. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 2019;161:862-69.
 29. WESLING, Michele, et al. Dysphagia outcomes in patients with brain tumors undergoing inpatient rehabilitation. *Dysphagia*, 2003;18:203-210.
 30. KIM, Juyong, et al. Validation of the videofluoroscopic dysphagia scale in various etiologies. *Dysphagia*, 2014; 9:438-443.
 31. BRAY, Benjamin D., et al. The association between delays in screening for and assessing dysphagia after acute stroke, and the risk of stroke-associated pneumonia. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 2017; 88:25-30.
 32. MCCULLOUGH, G. H.; WERTZ, R. T.; ROSENBEK, J. C. Sensitivity and specificity of clinical/bedside examination signs for detecting aspiration in adults subsequent to stroke. *Journal of communication disorders*, 2001; 34:55-72.
 33. SAMPAIO, Marília, et al. Wet voice as a sign of penetration/aspiration in Parkinson's disease: does testing material matter?. *Dysphagia*, 2014;29:610-615.
 34. TOHARA, Haruka, et al. Three tests for predicting aspiration without videofluorography. *Dysphagia*, 2003;18: 126-134.
 35. CHEN, Po-Cheng, et al. Systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of the water swallow test for screening aspiration in stroke patients. *Journal of advanced nursing*, 2016;72:2575-2586.
 36. SUITER, Debra M.; LEDER, Steven B. Clinical utility of the 3-ounce water swallow test. *Dysphagia*, 2008;23: 244-250.
 37. MALANDRAKI, Georgia A., et al. The utility of pitch elevation in the evaluation of oropharyngeal dysphagia: preliminary findings. 2011.
 38. RYALLS, Jack; GUSTAFSON, Kristina; SANTINI, Celia. Preliminary investigation of voice onset time production in persons with dysphagia. *Dysphagia*, 1999;14:169-175.
 39. LIM, Ju-Young, et al. Use of the maximal phonation test for the screening of dysphagia in stroke patients: a preliminary study. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 2019;56:41-46.
 40. VAN HOOREN, Michel RA, et al. Voice-and swallow-related quality of life in idiopathic Parkinson's disease. *The Laryngoscope*, 2016;126:408-414.
 41. NAKASHIMA, Takeshi, et al. Silent aspiration predicts mortality in older adults with aspiration pneumonia admitted to acute hospitals. *Geriatrics & gerontology international*, 2018;18:828-832. doi: 10.1111/ggi.13250. Epub 2018 Jan 31.
 42. VELAYUTHAM, Priatharisiny, et al. Silent aspiration: Who is at risk?. *The Laryngoscope*, 2018;128:1952-1957.
 43. ALEMAYEHU, Demissie; ZOU, Kelly H. Applications of ROC analysis in medical research: recent developments and future directions. *Academic radiology*, 2012;19: 1457-1464.
 44. WATKINS, Marley W.; KUSH, Joseph C.; SCHAEFER, Barbara A. Diagnostic utility of the learning disability index. *Journal of Learning Disabilities*, 2002;35:98-103.

45. LEE, Hyun Doo; JEON, Yi Seul; HONG, Ki Hwan. A Study of Correlation Between Acoustic and Perceptual Parameters in the Patients with Vocal Polyp. *Journal of The Korean Society of Laryngology, Phoniatrics and Logopedics*, 2015;26:40-45.
46. Rajappa, A.T., Soriano, K.R., Ziemer, C., Troche, M.S., Malandraki, J.B., & Malandraki, G.A. (2017). Reduced maximum pitch elevation predicts silent aspiration of small liquid volumes in stroke patients. *Frontiers in Neurology*, 8, 436. doi: 10.3389/fneur.2017.00436
47. Kim, D. Y., & Jung, S. J. (2011). Instrumental assessment of swallowing. *Journal of the Korean Dysphagia Society*, 1(1), 25-30.