

삼킴장애를 동반한 뇌졸중 환자의 신경근전기자극 병행 혀 정확도 훈련과 혀 압력, 깨물근 활성 및 구강통과시간의 비교 -무작위 대조 연구-

정재훈, OT, MS¹, 정중우, OT, PhD¹, 송보경, OT, PhD²

¹보바스기념병원, ²강원대학교 보건과학대학 작업치료학과

A Comparative Study of Tongue Accuracy Training combined with Neuromuscular Electrical Stimulation for Tongue Pressure, Masseter Activity and Oral Transit Time of in Stroke Patients with Dysphasia -Randomized controlled trial -

Jae-Hoon Jeong, OT, MS¹, Jung-Woo Jeong, OT, PhD¹, Bo-Kyoung Song, OT, PhD²

¹Dept. of Occupational Therapy, Bobath Memorial Hospital, Republic of Korea

²Dept. of Occupational Therapy, College of Health Science, Kangwon National University, Republic of Korea

Purpose This study aims to investigate the effects of tongue accuracy training(TAT) combined with neuromuscular electrical stimulation(NMES) on maximum tongue pressure(MTP), masseter activity and oral transit time(OTT) of stroke patients with dysphagia. **Methods** The study selected 14 patients with dysphagia that met the criteria at the B Hospital and divided them into experimental group and control group. A 30minute intervention was provided three times per week over six weeks. MTP and electromyography(EMG) of masseter were assessed to examine oral muscle activity and OTT was assessed to examine the speed of food movement. **Results** The study compared the two groups in MTP and there were significant differences in MTP and EMG of masseter between two groups ($p<0.05$)($p<0.05$). There were also significant differences in OTT during the intake of yogurt and rice between two groups ($p<0.05$). **Conclusion** TAT with NMES improved MTP, EMG of masseter and OTT during the intake of yogurt and rice compared with the control group. Therefore, it was confirmed that TAT with NMES is an effective intervention for food movement inside the mouth for dysphasia after stroke.

Key words: Dysphagia, Masseter, Maximum tongue pressure, Oral transit time, Stroke

Corresponding author Bo-Kyoung Song(bksong@kangwon.ac.kr)

Received date 04 October 2023

Revised date 11 October 2023

Accept date 15 October 2023

1. 서론

삼킴기능은 음식을 안전하게 섭취하여 생명활동을 가능하게 만드는 중요한 과정이다.¹⁾ 일반적으로 삼킴기능은 구강준비단계, 구강단계, 인두단계 및 식도단계로 구분할 수 있는데 이중 구강준비 단계와 구강 단계는 수의적이고, 인두단계와 식도단계는 불수의적이다.²⁾ 구강준비 및 구강단계에서 혀와 저작근은 음식을 잘게 씹는 동시에 음식물이 구강 밖으로 나오지 않도록 조작하여 삼키기 좋은 크기의 음식덩이(bolus)를 형성하여 혀의 구강 압력으로 삼킴을 수행한다.³⁾ 저작근은 깨물근(masseter), 관자근(temporalis), 안쪽날개근(medial pterygoid), 가쪽날개근(lateral pterygoid)이 있는데 이중 깨물근은 가장 강한 힘을 발휘하고 근육의 크기도 가장 크다. 깨

물근은 삼킴과정 동안 아래턱뼈의 대항근으로 작용하여, 목뼈를 안정적으로 상승시켜 아래턱을 안정화한다.⁴⁾ 정상적인 삼킴기능에서 나타나는 혀와 입천장은 앞중앙, 앞가쪽, 뒤가쪽, 뒤중앙 순으로 접촉되고 압력 크기, 지속시간은 앞중앙 부위에서 가장 크게 나타난다.⁵⁾ 삼킴장애(dysphagia)는 구강, 인두 및 식도의 구조와 관련하여 감각운동적인 문제로 섭취한 음식물이 위까지 원활하게 이동되지 않는 장애로 정의된다.⁶⁾ 뇌졸중 환자의 삼킴장애는 다양한 원인으로 발생하지만 일반적으로 삼킴기능과 관련된 골격근 약화 및 감각 손상으로 발생되는데, 이는 저작근과 혀 기능에 부정적인 영향을 주어 구강단계에서 음식덩이 형성의 어려움, 구강 잔여물의 미성숙 유출, 구강통과시간(oral transit time: OTT)의 지연으로 나타난다.⁷⁾ 삼킴과정 동안 비정상적인 혀 압력의 패턴으로 인한 구강 내 음식 잔여물과 OTT 지연은 구강 및 인두단계에서 삼킴의 문제로 연결된다.⁸⁾ 특히 인두 단계의 삼킴 문제는 일

<http://dx.doi.org/10.17817/2023.10.11.1111843>

부의 음식덩이가 기도로 넘어가 흡인(aspiration)이 발생하여 염증, 조직의 섬유화 및 흡인성 폐렴, 폐혈증 등 합병증으로 발전되어 신체기능의 회복을 지연시킨다.⁸⁾ 최근 뇌졸중 환자의 삼킴 장애를 회복하기 위하여 다양한 재활 전략들이 적용되고 있고 이중 하나로 혀 압력훈련과 신경근전기자극(neuromuscular electrical stimulation: NMES)이 있다.⁶⁾ 혀 압력훈련은 삼킴동안 구강 내 압력을 상승시키는 방법으로 선행연구에서 혀 입천장 압력 증진 훈련, 혀 근력 훈련, 혀 정확도 훈련 등이 제시되었다.⁹⁾ 선행연구에서 삼킴장애를 동반한 뇌졸중 환자에게 혀 근력 훈련을 실시하여 최대 혀의 압력의 증가를 제시하였지만 삼킴 과정에서 최대의 혀의 압력을 사용되지 않았다.¹⁰⁾ 물 삼킴과 마른 칩 삼킴에서 혀의 압력의 차이가 있고 음식유형, 점도, 용량에 따라 혀 압력이 변화된다.¹¹⁾ Youmans 등은 묽은 액체, 꿀 점도 액체의 점도 차이에 따라 혀 압력이 변화되고, 점도가 높은 액체일수록 혀 압력의 증가된다고 제시하였다.⁸⁾ 이를 통해 개별 특성에 맞게 혀 압력을 생성하도록 훈련을 고안하고 적용하는 것이 중요하다.¹²⁾

NMES은 부착부위의 전기자극으로 감각운동신경을 탈분극시켜 지속적인 근 수축으로 대뇌결질의 재조직화에 영향을 주며 삼킴기능에 관련된 다양한 근육의 수축을 유발하는 운동촉진과 감각자극으로 삼킴기능을 향상시킨다.¹³⁾ 삼킴장애를 동반한 뇌졸중 환자의 기도 흡인으로 인한 합병증과 관련하여 구강단계에 초점을 두어 중재하여 효과를 입증하고자 한 연구는 충분하지 않다고 판단된다.¹⁴⁾ 선행연구에서 정상노인의 입술, 혀, 볼 신장법 및 저작근을 촉진하여 구강단계 관련 신체구조의 중재를 실시하여 저작능력, 타액양 및 삼킴수행 능력이 증진되었고 깨물근의 NMES중재로 침상의 삼킴기능 향상에 도움을 주었다.¹⁵⁾ 그리고 Lida 등의 연구에서, 정상 성인을 대상으로 반복 턱, 혀 감각운동을 병행하여 혀와 턱에 관련된 대뇌 운동결질의 흥분성의 변화를 관찰하였는데 반복 혀 올리기 훈련군, 반복 교합훈련군, 혀 올리기 훈련과 병행된 교합훈련군 간의 비교한 결과, 반복 교합훈련군과 반복 혀 들어올리기 훈련군에서 깨물근 및 혀의 운동유발전위(motor evoke potential: MEP)의 변화와 혀 올리기 훈련과 병행된 교합훈련군에서는 단일훈련군보다 보다 더 큰 MEP를 확인하였다.¹⁶⁾ 이에 본 연구는 제시된 선행연구를 기반으로 NMES를 통한 깨물근 활성 및 음식물의 특성에 맞게 혀의 압력을 일치시킬 수 있는 혀 정확도 훈련을 통하여 삼킴장애를 동반한 뇌졸중 환자의 구강근육과 음식물 이동에 어떠한 도움을 주는지 알아보고 이를 통해 음식물 조절 능력을 향상하는 혀 근육의 중재 및 치료 전략을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자 및 선정기준

본 연구는 경기도 성남에 위치한 B병원 재활의학과에 입원한 삼킴 장애를 동반한 뇌졸중 환자 중 모집 공고로 선발된 환자 중 선별검사 및 동의 절차를 통해 선발된 14명의 대상자를 대상으로 실시하였다. 선정기준은 신경과 및 재활의학과 전문의로부터 뇌졸중 진단을 받고 비디오투시삼킴검사 (videofluoroscopic swallowing study; VFSS)로 삼킴 장애를 진단받고 혀의 근력이 최대 40kPa 이하이며 한국형 간이 정신 상태 선별검사 점수가 21점이상으로 연구자의 지시를 이해 가능한 환자로 하였다.³⁾

2. 연구절차

선발된 대상자는 제비뽑기 무작위 방법으로 NMES와 병행된 혀 정확도 훈련군 7명을 실험군으로 하고 NMES와 병행된 전통적인 삼킴훈련군 7명을 대조군으로 분류하였다. 사전 사후 평가로는 최대 혀 압력(maximum tongue pressure; MTP), 깨물근 근전도(electromyography; EMG), OTT를 측정하였고 OTT 검사는 5년 이상의 경험을 가진 작업치료사가 평가를 수행하도록 하여 검사의 신뢰도를 확보하고자 하였다. 두 집단의 중재는 6주간 주 3회 실시하여 총18회 시행하였으며 1회 30분씩 진행하였다.

3. 연구도구

1) 혀 압력 측정 및 훈련 장비 소개

본 연구의 혀 압력 측정 및 훈련은 TPS-100(Cybermedic, Iksan, Korea) 장비를 사용하였다(Figure 1A). 본 장비는 에어밸브, 압력 센서 및 디스플레이로 구성되었고 훈련방법은 연구 대상자가 자발적으로 혀를 이용하여 에어밸브에 압력을 가하면 압력 센서가 자동으로 태블릿 PC 화면에 헥토파스칼(hectopascal; hPa) 단위로 표시되어 혀의 근력을 확인할 수 있다. 중재에 앞서 연구대상자의 기준값을 결정하고자 구강 내 혀 위에 에어밸브를 위치하고 혀로 입천장에 3초 동안 압박하도록 하여 1회 최대 압력(repetition maximum; RM)을 측정하였다.¹⁷⁾ 1주차는 1RM을 기준으로 50%를 초기 중재 목표로 설정하고 1주차마다 5%씩 증가시켜 6주차에는 최대 압력의 75%기준으로 중재를 실시하였고 설정된 기준값에서 무작위로 지정된 범위 내에서 10kPa를 벗어나지 않도록 혀의 정확한 움직임 조절하였다.

2) NMES 기반 깨물근 자극

NMES로 적용된 장비는 Vital Stim(Chattanooga group, Austin, USA)으로 삼킴과 연결한 움직임에 관련한 근육을 자

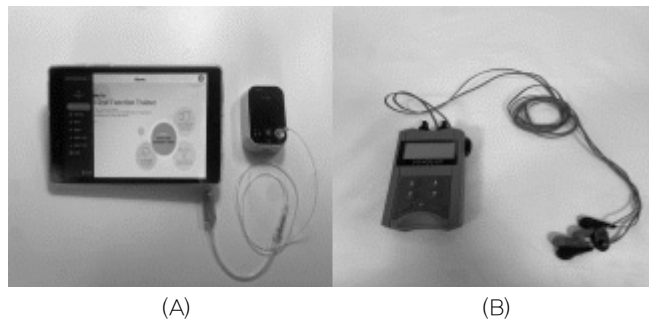


Figure 1. Intervention equipment.

Note: Shows that tongue pressure measurement and training were performed using the TPS-100 [Cybermedic, Iksan, Korea] equipment(A) and NMES for functional muscle contraction and strengthening was performed using the Vital Stim [Chattanooga group, Austin, USA](B).

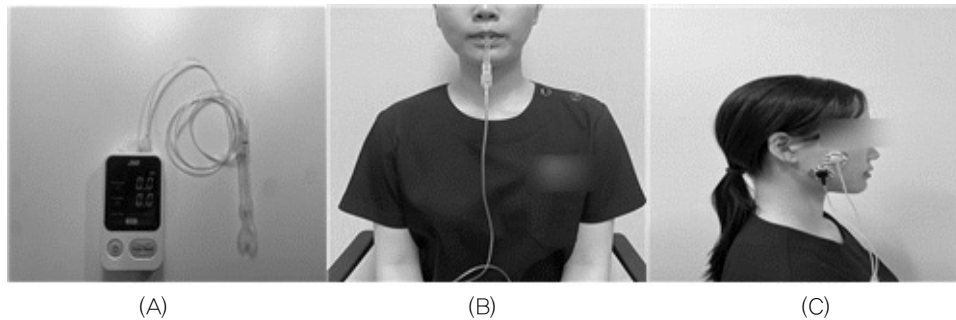


Figure 2. Measurement of maximum tongue pressure and masseter muscle EMG

Note: Shows that the MTP used a tongue pressure measurement device [Orarize® TPM-02, JMS Co., Ltd. Hiroshima, Japan](A) and the tongue pressure probe was connected to a digital voltmeter through a tube with a diameter of 18 mm and a length of 28 mm. It was connected to a silicone balloon(B). Surface electromyography of the masseter muscle. QEMG-4 [LXM3204, LAXTHA, Korea] was used electrodes were attached to the masseter muscle on both sides(C).

극하여 근력을 강화하였다(Figure 1B). Vital stim의 전극을 부착하기 전 전극 적용 부위를 면도하고 TENS Clean Cote 스킨 알코올 솜으로 소독하고 선행연구와 동일하게 채널 1은 깨물근 섬유와 평행하게 부착하였고 다른 한 쌍도 반대쪽 깨물근 섬유와 평행하게 부착하였다.³⁾ 깨물근 수축 정도는 대상자가 피부에 따끔거림(tingling) 정도의 낮은 전류 수준으로 설정하고 평균 전류 강도의 진폭은 4~6mA 수준으로 제공하였다.

3) 전통적인 삼킴 중재

전통 삼킴 중재 프로그램은 삼킴반사 증진을 위한 온도, 촉각 자극(thermal tactile stimulation), 혀 스트레칭, 입술운동, 다양한 표정짓기, 및 구강감각자극을 적용하였고 3년차 이상 작업치료사에 의해 무작위로 중재를 제공하였다.

3. 평가도구

1) 최대 혀 압력(maximum tongue pressure; MTP)

MTP은 혀 압력 측정 장비(Orarize® TPM-02, JMS Co.,Ltd.

Hiroshima, Japan)를 사용하였는데 혀 압력 프로브는 튜브를 통하여 디지털 전압계에 연결되고 지름 18mm, 길이 28mm의 실리콘 풍선과 연결된다(Figure 2A). 평가자는 실리콘 풍선을 환자의 구강 안에 삽입하고 입천장 앞부분과 혀 사이에 실리콘 풍선을 약 7초 동안 누르도록 지시한 후 실리콘 풍선 안의 압력 변화는 킬로파스칼(kilopascals; kPa) 단위로 변환하여 전압계에 제시된다(Figure 2B). 평가값은 3번을 수행 중 가장 높을 제시하였다.¹⁸⁾

2) 깨물근의 근전도 검사(electromyography; EMG)

연구 대상자의 깨물근 근 활성도를 측정하고자 표면 근전도 QEMG-4(LXM3204, LAXTHA, Korea)를 사용하였는데 전극 부착 지점의 측정 오류의 방지를 위하여 대상자의 털을 제거하고 알코올 솜으로 소독한 후 양측 깨물근에 전극을 부착하였다(Figure 2C). 깨물근의 근전도 신호는 세 가지 음식물인 물 5ml, 요플레 10ml, 밥 1spoon 순서로 섭취하도록 하여 근전도 값을 측정하였다. 구체적으로 물과 요플레는 10초

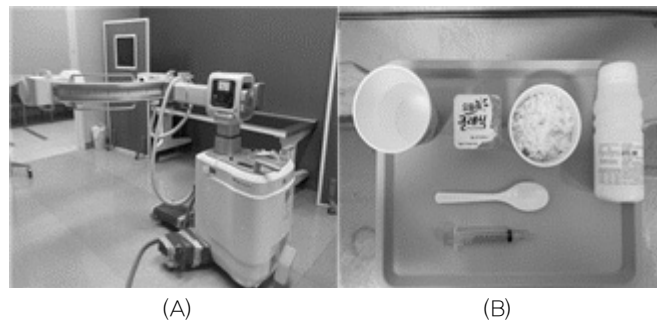


Figure 3. Measurement of VFSS

Note: For VFSS, IHRF-125-P/SM20MF 2004 C-ARM was used(A) and the test diet consisted of barium sulfate(solotop sol 140, Taejoon), 5 cc of water, 10 cc of urine, and rice was tested by mixing it with 1 spoon(B).

안에 삼키도록 하고, 5번씩 반복하였고 매회 10초의 휴식시간을 제공하였다. 밥은 최대한 자연스럽게 섭취할 수 있도록 한 후 1분 안에 삼키도록 유도하였고 총 5번 반복하였으며 매회 10초의 휴식 시간을 제공하였다. 음식물을 섭취하는 과정에서 기침반사가 나타날 경우 평가를 중단하였다. 음식물을 섭취할 때 근전도 아날로그 신호는 QEMG-4 시스템으로 이동, 디지털 전환되고 개인용 노트북 TeleScan ver.3.2.9.0 프로그램을 사용하여 근전도의 신호를 처리하였다. 근전도 신호의 표본 추출은 256Hz로 설정하여 Root mean squared 값을 구하였다.¹⁹⁾ 검사자가 물, 요플레, 밥을 섭취할 때 발생하는 기침반사 등의 문제점을 고려하여 근 활성도의 값을 추출하였다.

3) 비디오투시삼킴검사(video fluoroscopic swallowing study; VFSS) 내 구강통과시간(oral transit time; OTT) 측정

VFSS는 IHRF-125-P/SM20MF 2004년 C-ARM을 사용하고 작업치료가 2명과 방사선사 1명이 함께 검사를 실시하였다(Figure 3A). 투시 영상이 잘 관찰될 수 있도록 조영제(barium sulfate; solotop sol 140, Taejoon)를 물(thin type) 5cc, 요플레(thick type) 10cc, 밥(rice) 1 스푼에 혼합하여 검사하였다(Figure 3B). OTT는 구강 안의 혀 끝이 올라가면서 가장 큰 음식덩이 머리 부분이 혀 밑을 가로질러 아래턱뼈 아래모서리까지 이동하는데 필요한 시간으로 정의하였다.²⁰⁾ VFSS 동영상 파일은 1초 당 15프레임 형태로 컴퓨터에 저장 후 LumaFusion 어플리케이션을 이용하여 각 프레임당 0.07초로 세분화하였다. OTT 신뢰도를 높이고자 14명의 대상자 중 무작위로 5명을 선정하여 5년 이상의 임상경험을 가진 작업치료가 2명이 3가지 식이의 OTT를 비교하여 평가자간 신뢰도(intraclass Correlation Coefficient; ICC)가 0.97으로 확인되었다.

4. 통계분석

본 연구의 통계는 SPSS 18.0 프로그램을 사용하여 분석하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 기술통계 및 빈도분석을 실시하였고, 두 집단의 정규성 및 분산 검정을 확인하고자 샤피로윌크 검정(Shapiro-Wilk), 레빈(Levene) 등분산 검정을 시행하여 정규성 및 등분산을 만족하지 않아 비모수 검정을 채택하였다. 또한 동질성을 확인하고자 성별, 손상 유형의 차이는 카이제곱검정(Chi-square test)을 사용하였으며 나이, 발병일, 인지에 따른 차이를 알아보기 위해 만-휘트니 검정(Mann-Whitney U test)을 시행하였다. 각 집단 간 중재 후 MTP, 깨물근의 EMG, OTT 변화의 차이를 비교하기 위하여 만-휘트니 검정(Mann-Whitney U test)을 사용하였다. 모든 자료의 모든 통계의 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구의 참여 대상자의 일반적 특성은 표 1과 같다. 참가대상자의 성별은 남자 10명(71.4%), 여자 4명(28.6%), 손상 유형에 따라 허혈 12명(85.7%), 출혈 2명(14.3%)이었다. 평균 연령은 51.42 ± 12.09 세, 발병일은 24.28 ± 20.32 개월, K-MMSE 점수는 25.64 ± 2.53 점이었다. NTATG은 7명 중 남자 5명(71.4%), 여자 2명(28.6%), 허혈 손상 6명(85.7%) 출혈 손상 1명(14.3%), 평균 연령 50 ± 14.1 세, 발병일은 25.14 ± 19 개월, K-MMSE 점수는 24.57 ± 2.5 점이었다. NTSTG은 7명 중 남자 5명(71.4%), 여자 2명(28.6%), 허혈 손상 6명(85.7%), 출혈 손상 1명(14.3%), 평균 연령 52.85 ± 10.57 세, 발병일은 21.57 ± 15.98 개월, K-MMSE 점수는 26.71 ± 2.21 점이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

(N=14)

| Variables | | NTATG (n=7) | NTSTG (n=7) | χ^2/Z | p |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|------------|-------|
| Gender | Male (%) | 5(71.4%) | 5(71.4%) | 0.00 | 1.00 |
| | Female (%) | 2(28.6%) | 2(28.6%) | | |
| Type of stroke | Hemorrhage(%) | 1(14.3%) | 1(14.3%) | 0.00 | 1.00 |
| | Infarction (%) | 6(85.7%) | 6(85.7%) | | |
| Age (year) | | 50±14.1 | 52.85±10.57 | 0.1 | 0.757 |
| On set (months) | | 25.14±19 | 21.57±15.98 | 0.054 | 0.802 |
| MMSE-K (score) | | 24.57±2.5 | 26.71±2.21 | 0.003 | 0.957 |

M±SD: mean ± standard deviation. MMSE-K: mini-mental state examination-korean version. NMES: neuromuscular electrical stimulation, NTATG: neuromuscular electrical stimulation and tongue accuracy training group, NTSTG: neuromuscular electrical stimulation and traditional swallowing training group.

2. 두 집단 간 중재 후 MTP, 깨물근의 EMG 및 OTT의 차이 비교

본 연구는 두 집단 간 중재 후 MTP, 깨물근의 EMG 및 OTT의 차이를 비교하였다 먼저 MTP는 중재 후 NTATG는 4.83±1.72, NTSTG는 0.3±3.07으로 차이가 있었고 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)(Table 2). 두 집단 간 중재 후 깨물근의 EMG는 요플레 섭취 시 NTATG는 3.74±1.10, NTSTG는 0.32±1.52이었고 밥 섭취 시 NTATG는 4.12±1.92, NTSTG는 0.29±1.66으로 나타났고 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)($p<0.05$). 그리고 물 섭취 시 NTATG는 -0.05±3.52, NTSTG는 -1.11±2.45이었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 마지막으로 두 집단 간 중재 후 OTT의 차이를 비교하였는데 요플레 섭취 시 NTATG는 -1.87±0.45, NTSTG는 -0.01±0.7이었고 밥 섭취 시 NTATG는 -1.81±1.25, NTSTG는 -0.14±0.94이

었으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)($p<0.05$). 그리고 물 섭취 시 NTATG는 -0.3±0.38, NTSTG는 0.21±0.74이었지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$)(Table 2).

IV. 고찰

본 연구는 NMES와 병행한 혀 정확도 훈련이 저작근 및 삼킴 과정에서 음식물 이동시간에 어떠한 차이가 있는지 알아보고자 하였다. 먼저 저작근의 MTP는 두 집단 비교에서 NMES와 병행된 혀 정확도 훈련군이 대조군에 비하여 차이가 있음을 확인하였는데 Robbins 등은 급성기 삼킴장애를 동반한 뇌졸중 환자에게 8 주간 혀 압력 훈련을 시행하여 MTP의 향상과 만성 뇌졸중 삼킴장애 환자에게도 혀 정확도 훈련을 통하여

Table 2. Comparison of differences in MTP, masseter EMG and OTT after intervention between two groups

(N = 14)

| Variables | | NTATG(n=7) | NTSTG(n=7) | Z | p |
|--------------|--------|------------|------------|--------|--------|
| MTP | | 4.83±1.72 | 0.30±3.07 | -2.494 | 0.011* |
| | Yogurt | 3.74±1.10 | 0.32±1.52 | -2.747 | 0.004* |
| Masseter EMG | Rice | 4.12±1.92 | 0.29±1.66 | -2.747 | 0.004* |
| | Water | -0.05±3.52 | -1.11±2.45 | -0.831 | 0.456 |
| OTT | Yogurt | -1.87±0.45 | -0.01±0.7 | -3.134 | 0.007* |
| | Rice | -1.18±1.25 | -0.14±0.94 | -2.619 | 0.007* |
| | Water | -0.30±0.38 | 0.21±0.74 | -1.672 | 0.097 |

* $p<0.05$

M±SD: mean ± standard deviation. NMES: neuromuscular electrical stimulation, MTP: maximum tongue pressure, OTT: oral transit time, EMG: electromyography, NTATG: neuromuscular electrical stimulation and tongue accuracy training group, NTSTG: neuromuscular electrical stimulation and traditional swallowing training group.

MTP의 향상을 보고한 선행연구와 동일 결과를 확인하였다.²¹⁾ 입천장에 대항하여 혀를 MTP 연구는 삼킴동안 발생하는 최대 혀 압력은 정상 성인의 삼킴동안 최대의 혀 압력을 사용하지 않는다고 측면에서 기능적이지 않지만 혀 정확도 훈련을 통하여 향상된 최대 혀 압력은 삼킴 기능을 증진에 필요한 요소로 이를 통해 삼킴의 정상과정을 촉진할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 본 연구의 제시된 깨물근의 근활성도는 두 집단의 요거트와 밥 식이 섭취 과정에서 차이를 보였다. 뇌졸중 환자의 삼킴장애는 구강 및 인두 감각의 손상으로 정상삼킴 과정에 부정적인 영향을 준다.⁸⁾ NMES는 부착 부위의 감각 자극을 제공하여 몸감각 피질의 활성을 증진시켜 대뇌 재조직화에 긍정적인 영향을 미쳐 삼킴기능을 증진시키고,²²⁾ 삼킴과 관련된 대뇌활성도의 활성을 증진한다고 보고하였다. Wang 등은 뇌졸중 환자의 깨물근에 NMES를 적용하여 악물기 동안 깨물근이 활성화되고 Takahashi 등은 혀의 위치에 따라 깨물근의 근 활성 차이를 확인하였는데 특히, 입천장 앞쪽에 혀를 위치시켰을 때 깨물근 증진이 가장 크다고 제시하였다.^{23,24)} 이러한 결과는 본 연구의 혀 정확도 훈련과 깨물근의 활성도 증진을 설명할 수 있는 근거가 될 수 있다고 판단된다. 하지만 물을 섭취과정에서 깨물근 활성도는 차이가 없었는데 이는 유동성이 있는 물의 삼킴은 구강 밖으로 물의 유출을 방지하면서 안전한 삼킴을 하기 위하여 깨물근의 근력보다는 혀의 조절력과 턱의 안정성을 필요로 하고 이는 실제 음식의 종류에 따른 깨물근의 근 활성화의 시간보다 물을 섭취할 때 OTT가 가장 짧은 것으로 설명할 수 있다.²⁵⁾ 본 연구에서 집단 간에서 OTT의 차이를 확인하였는데 이는 먼저 정상성인의 삼킴과정에서 음식물의 흐름에 있어서 혀와 입천장 압력은 변화는 앞에서 뒤로 일정하게 유지되면서 이동되는데 이를 위해 혀와 입천장의 접촉 훈련이 효과적이고 혀 압력훈련은 반고체 (semi solid) 식이를 삼키는데 있어 높은 혀 압력은 OTT를 단축하는데 효과적이라 보고하였다.¹¹⁾ 이는 본 연구의 결과를 설명하는데 근거가 될 수 있다. 하지만 음식의 종류나 점도, 양에 따라 적용되는 혀의 압력이 달라질 수 있다.¹²⁾ 이러한 차이는 다양한 압력을 생성하는 혀 정확도 훈련을 통하여 음식물의 조절능력이 향상시킬 수 있다.¹²⁾ 또한 점도가 다른 음식물을 섭취할 때 구강 내 혀의 압력이 증가된다.¹²⁾ 따라서 점도가 다른 음식물을 섭취하기 위하여 혀의 숙련된 움직임을 필요로 하고 이는 혀의 단순 운동훈련보다 다양한 움직임 증진할 때 대뇌결질의 변화를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.²⁶⁾ 구강 내에서 점도가 높은 식이를 저작하고 조절하는데 혀의 조절은 점도가 낮은 요플레에 비해 크게 작용하며 요플레를 삼킬 때 저작단계보다는 음식물 특성이 알맞게 압력을 유지하는 혀의 정확성이 필요하다. 이는 본 연구의 요플레와 밥을 제공 시 OTT 향상과 상관성이 있다고 판단된다. 반면 물

섭취 시 OTT는 혀의 형태 변형 및 구강인두 봉쇄 기능이 저하되어, 삼킴 전에 미성숙한 유출 현상이 발생하는 요소와 상관성이 있어 차이가 나타나지 않았다고 판단된다. 결과적으로 NMES와 병행된 혀 정확도 훈련은 깨물근과 음식물 이동에 효과적인 중재법이라는 판단된다. 하지만 MTP는 실제 삼킴동안 발생하는 압력과 차이가 있다고 사료된다. 따라서 추후 연구에서는 실제 삼킴 시 발생하는 압력을 확인하고 이를 기반으로 음식물의 특성에 따라 혀의 움직임과 효과적인 압력이 효과적인 삼킴에 어떠한 도움이 되는지를 확인하고자 한다.

References

1. Sasegbon A, Hamdy S. The anatomy and physiology of normal and abnormal swallowing in oropharyngeal dysphagia. *Neurogastroenterology & Motility*. 2017;29(11):1-15.
2. Shaw SM, Martino R. The normal swallow: muscular and neurophysiological control. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2013;46(6):937-56.
3. Lee JH, Kim HS, Yun DH, et al. The relationship between tongue pressure and oral dysphagia in stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*. 2016;40(4):620-8.
4. Heo WY, Moon JH, Kim TH, et al. Effects of effortful swallowing with static occlusion on the suprahyoid, infrahyoid, and masseter muscle activation, onset time, and duration in healthy adults. *The Journal of Korean Society for Neurotherapy*. 2021;25(3):1-6.
5. Ono T, Hori K, Nokubi T. Pattern of tongue pressure on hard palate during swallowing. *Dysphagia*. 2004;19(4):259-64.
6. Song YG, Lee HS, Jung WM, et al. *Dysphagia*. Seoul: KyeChuk Munhwasa. 2007:94-7.
7. Logemann, JA. Swallowing disorders. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. 2007;21(4):563-73.
8. Youmans SR, Youmans GL, Stierwalt JA. Differences in tongue strength across age and gender: Is there a diminished strength reserve? *Dysphagia*. 2009;24(1):57-65.
9. Choi HE, Oh JC. Literature Review of the Effect of Tongue-pressure Resistance Training Using the IOPI on Tongue Strength and Swallowing Function in Patients with Dysphagia. *The Journal of Korean Academy of Dysphagia Rehabilitation*. 2021;4(1):1-16.
10. Fei T, Polacco RC, Hori SE, et al. Age-related differences in tongue-palate pressures for strength and swallowing tasks. *Dysphagia*. 2013;28(4):575-81.

11. Choi SH, Kim H, Choi CH, et al. Characteristics of tongue pressures based on swallowing tasks in Korean healthy older adults. *Audiology and Speech Research*. 2018;14(3):194-203.
12. Yeates EM, Molfenter SM, Steele CM. Improvements in tongue strength and pressure-generation precision following a tongue-pressure training protocol in older individuals with dysphagia: Three case reports. *Clinical Interventions in Aging*. 2008;3(4):735-47.
13. Yu JH. Effects of neuromuscular electrical stimulation on cardiorespiratory function in adults with obesity. *The Journal of Korean Society for Neurotherapy*. 2020;24(3): 9-15.
14. Lee M, Lee K, Kim J. Effect of Neuromuscular Electrical Stimulation Combined with Traditional Dysphagia Rehabilitation on Masseter Muscle Thickness and Bite Force in Stroke with Dysphagia Patient. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2021;12(2):2365-9.
15. Kim HJ, Lee, JY, Lee ES, et al. Improvements in oral functions of elderly after simple oral exercise. *Clinical Interventions in Aging*. 2019;14(1):915-24.
16. Iida T, Komoda Y, Kothari M, et al. Combination of jaw and tongue movement training influences neuroplasticity of corticomotor pathways in humans. *Experimental Brain Research*. 2019;237(10):2559-71.
17. Hwang NK, Kim MJ, Lee G, et al. Effect of tongue-strengthening training combined with a tablet personal computer game in healthy adults. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2020;47(5):606-12.
18. Aoki Y, Kabuto S, Ozeki Y, et al. The effect of tongue pressure strengthening exercise for dysphagic patients. *Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science*. 2015;6(19):129-36.
19. Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. *Journal of Psychosomatic Research*. 1993;40(14):4755.
20. Logemann JA. *Manual for the videofluorographic study of swallowing*. Austin. J. & K. publish. 1993:10-27.
21. Robbins J, Kays SA, Gangnon RE, et al. The effects of lingual exercise in stroke patients with dysphagia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007;88(2):150-8.
22. Mituuti CT, Arone MMADS, Rosa RR, et al. Effects of sensory neuromuscular electrical stimulation on swallowing in the elderly affected by stroke. *Topics in Geriatric Rehabilitation*. 2018;34(1):71-81.
23. Wang JS, Lee JH, Kim NJ. Effects of neuromuscular electrical stimulation on masticatory muscles in elderly stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(9):2767-70.
24. Takahashi S, Kuribayashi G, Ono T, et al. Modulation of masticatory muscle activity by tongue position. *The Angle Orthodontist*. 2005;75(1):35-9.
25. Araújo Pernambuco LD, Silva HJD, Lima LMD, et al. Electrical activity of masseter muscle in young adults during swallowing of liquid. *Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*. 2011;23(1):214-9.
26. Corti G, Ghiggi A, Murelli, M, et al. Surface electromyographic pattern of masseter, orbicularis oris and submental muscles during swallowing of different consistencies in healthy subject. *Italian Journal of Physiotherapy*. 2012;2(2):65-73.

