

不同头位吞咽不同黏度液体食物对健康成人舌骨上肌群表面肌电的影响

乐琳¹ 李哲¹ 郭钢花¹ 关晨霞¹ 郭君¹ 郝道剑¹ 李珍珍²

¹郑州大学第五附属医院康复医学科, 郑州 450052; ²山东体育学院研究生教育学院, 济南 250102

通信作者: 李珍珍, Email: 1450445302@qq.com

【摘要】 目的 探讨不同头位吞咽不同黏度液体食物对健康成人舌骨上肌群表面肌电的影响。**方法** 随机选取健康受试者 20 例, 按随机数字表法设置的顺序, 依次采用 3 种头位吞咽 5 种浓度的食物, 每口量均为 5 ml, 实时记录每次吞咽时左、右侧舌骨上肌群的表面肌电信号。对原始肌电信号进行处理后, 分析不同黏度和头位对舌骨上肌群激活水平影响的主效应, 再采用简单效应分析确定黏度、头位和舌骨上肌群激活水平的交互效应。**结果** 不同头位或不同黏度的主效应均存在差异, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。右转头位和右侧屈头位吞咽同黏度液体食物时, 左侧舌骨上肌群净振幅值均高于右侧舌骨上肌群, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。吞咽同黏度液体食物时, 在中立位、右转头位、右侧屈头位, 左侧舌骨上肌群的净振幅值依次增高, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。在吞咽同黏度 (0~3 级) 的液体食物时, 右转头位右侧舌骨上肌群的净振幅值低于中立位和右侧屈头位, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。在吞咽 4 级的液体食物时, 右侧屈头位右侧舌骨上肌群的净振幅值高于中立位和右转头位, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。右转头位吞咽 0 级液体食物时, 左侧舌骨上肌群净振幅值显著低于吞咽 1~4 级的液体食物, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。右侧屈头位吞咽 0 级液体食物时, 左侧舌骨上肌群净振幅值显著低于吞咽 2~4 级液体食物, 吞咽 1 级液体食物时, 左侧舌骨上肌群净振幅值显著低于吞咽 3~4 级的液体食物, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。右侧屈头位吞咽 4 级的液体食物时, 右侧舌骨上肌群净振幅值高于吞咽 0~1 级的液体食物, 吞咽 3 级液体食物时, 右侧舌骨上肌群净振幅值高于吞咽 1 级的液体食物, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。**结论** 吞咽时采用不同的头位和黏度, 可不同程度地影响舌骨上肌群的收缩。

【关键词】 黏度; 头位; 国际吞咽障碍食物标准框架; 舌骨上肌群; 表面肌电图

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.12.006

Effects of viscosity and head position on the surface electromyography of the suprahyoid muscles during swallowing

Yue Lin¹, Li Zhe¹, Guo Ganghua¹, Guan Chenxia¹, Guo Jun¹, Hao Daojian¹, Li Zhenzhen²

¹Department of Rehabilitation Medicine, the Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China; ²Graduate School, Shandong Sports University, Jinan 250102, China

Corresponding author: Li Zhenzhen, Email: 1450445302@qq.com

【Abstract】 Objective To explore the effect of swallowing fluids of different viscosities in different head positions on the surface electromyography (sEMG) of the suprahyoid muscles. **Methods** Twenty healthy adults were asked to swallow 5ml of liquids with 5 different viscosities in 3 different head positions. sEMG signals were recorded from their suprahyoid muscles in real time. The interactions between viscosity, head position and suprahyoid muscle activation were determined using simple effect analysis. **Results** Significant head position and viscosity effects were observed. In the head-turning-right or the right head-flexion position, the net amplitude values of the left suprahyoid muscles were significantly higher than those from the right side when swallowing fluid of the same viscosity. Meanwhile, the net amplitude values of the left suprahyoid muscles increased gradually and significantly from the neutral position to the head-turning-right and the right head-flexion positions. When swallowing fluid with a viscosity of 0 to 3, the net amplitude values of the right suprahyoid muscles in the right head-flexion position were significantly lower than in the neutral and right head-flexion positions. With a viscosity of 4 the values of the former were significantly higher than the latter. The net amplitude of the left suprahyoid muscle group when swallowing zero-viscosity food in a head-turning-right position was significantly lower than that when swallowing food of viscosity 1 to 4. In the right head-flexion position, the net amplitude of the left suprahyoid muscle group when swallowing zero-

viscosity food was significantly lower than that when swallowing food of viscosity 2 to 4. When swallowing fluid of viscosity 1 it was also significantly lower than that when swallowing food of viscosity 3 to 4. In the same position, the net amplitude of the right suphyoid muscle group when swallowing fluid of viscosity 4 was significantly higher than that with a viscosity of 0 to 1. At viscosity 3 it was significantly higher than with a viscosity of 1. **Conclusion** Swallowing fluids of different viscosities in different head positions can affect the contraction of the suprahyoid muscles to different degrees.

【Key words】 Viscosity, fluid; Head position; International Dysphagia Diet Standardization Initiative framework; Suprahyoid muscle; Surface electromyography; Swallowing
DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.12.006

吞咽障碍是临床常见的并发症之一,其可引起营养不良、误吸、吸入性肺炎等一系列并发症^[1],影响患者生活质量,严重者甚至危及生命^[1],但它具有一定可代偿性^[2]。其中,改良食物黏度、改变头部位置、以及二者相结合的方法是常用的且已经被证明有效的代偿方法^[2]。一般认为,转头吞咽是通过改变梨状隐窝的形态来防止残留和误吸^[3-4];侧方吞咽(即侧屈头位吞咽)是利用重力改变食团运输路径来防止误吸^[3-5]。舌骨上肌群是防误吸的重要肌群^[4,6],其对吞咽的启动及其全过程亦有重要作用^[7-8]。目前,鲜见有学者从表面肌电图的角度来分析在转头和侧方吞咽不同黏度液体时舌骨上肌群的变化。本研究采用表面肌电图技术实时记录健康受试者在头部中立位、转头位、侧屈头位吞咽国际吞咽障碍食物标准(international dysphagia diet standardisation initiative, IDDSI)框架中 0~4 级液体时,舌骨上肌群的激活水平,以期从肌电的角度探讨头位和液体黏度对舌骨上肌群的影响。

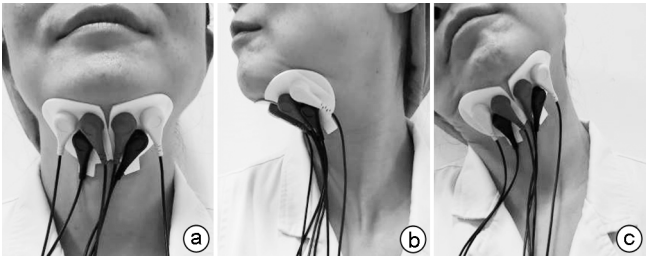
对象与方法

一、研究对象
纳入标准:①年龄 18~65 岁^[7];②无影响吞咽功能的相关医学问题(如呼吸系统疾病、神经系统疾病、消化系统疾病等)^[1];③洼田饮水试验结果正常^[9];④受试者均签署了书面知情同意书。
排除标准:①由于任何原因无法完成试验;②对酒精或胶布过敏。
选取 2019 年 3 月至 2019 年 8 月在郑州大学第五附属医院实习和进修的学生且符合上述标准的健康受试者 20 例(男 9 例,女 11 例),平均年龄(21.4±2.2)岁。
二、研究方法
1.食物制备:参考 Su 等^[10]的配比数据并采用 DHR-2 流变仪(美国 TA 公司,Discovery 型)制备出 IDDSI 框架中的 0~4 级液体食物。①0 级液体为 100 ml 常温纯净水;②1~4 级液体为将 4 杯 100 ml 水中加入一定量增稠剂(商品名为奥特顺咽,广州奥特生物科技有限公司生产,批次为 20190403),并充分

搅拌均匀,具体制备方法和黏度见表 1。所有液体食物制作、保存和实验均在 25 ℃ 室温下进行。

表 1 研究用液体食物制备方法和黏度					
IDDSI 框架	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级
100 ml 水中增稠剂加入量/g	0	1	2	3.5	5
剪切速率为 50 s ⁻¹ 处的平均剪切黏度/(mPa·s)	0	57.68	195.68	393.01	633.04

2.设备与参数:①表面肌电仪——加拿大 Thought Technology 公司制造的 SA7550 型 Flex Comp Infiniti 表面肌电仪,配套软件为 BioNeuro Infiniti,采样速率为 1000 Hz,共模抑制比>100 dB,模拟/数字转换为 14 bit,噪声<0.3 μV,灵敏度为 0.1 μV,输入阻抗为 50 MΩ。②一次性使用电极片为上海产 CH55RD 型。
3.电极放置:由同一康复医师按照下列程序对舌骨上肌群进行电极放置。用酒精纱布轻擦皮肤表面以去皮脂。受试者采取舒适端坐位,头部保持中立位,膝关节屈曲 90°,双脚接触地面^[11]。放置电极过程中,受试者尽量避免任何头面部动作。根据 Zaretsky 等^[12]的研究结果,将电极放置于舌骨上肌群的肌腹上肌电信号较为强烈的位置,2 对记录电极分别贴于舌骨上方、下颌中线的左右两侧,电极导电部分的内侧缘位于中线旁约 5 mm 处,参考电极位于记录电极下方靠近喉部的位置,固定好电极(图 1a)。



注:a 为中立位;b 为右转头位;c 为右侧屈头位
图 1 电极位置和头位

4.数据采集方法:受试者保持端坐位,按随机数字表法设置的顺序,依次采用 3 种头位吞咽 5 种浓度的食物,每口量均为 5 ml,以上测试均测量 2 次,取平均

值。既往的研究表明,健康成人吞咽时,双侧舌骨上肌群激活程度相似^[13],因此本研究仅采集向右转头和右侧屈头位(图 1b 和图 1c)时的表面肌电信号。

受试者背对实验屏幕以避免视觉反馈^[14]。吞咽过程中,受试者须尽量避免任何额外的头部、面部和身体动作。首先,在静息状态下采集表面肌电振幅数据 5 s;吞咽前,要求受试者将食物含在舌后部大约 5 s,同时采集表面肌电振幅数据;康复医师发出指令后,受试者在不咀嚼的情况下,自然一口吞下 5 ml 液体,同时采集表面肌电振幅数据;吞咽结束后,立即放松并保持不动 5 s,同时采集表面肌电振幅数据。为避免肌肉疲劳,2 次吞咽之间休息 30 s。若受试者出现咳嗽、清喉、湿音、嘶哑或无法完成任务^[15],则不计入研究。所有研究均在屏蔽安静的环境下进行^[16]。

5. 数据分析:所有数据均由一名经验丰富的实验人员采用 BioNeuro Infiniti 软件进行分析。步骤如下:①去除基线漂移^[16-17];②均方根(root mean square,RMS)平滑(窗口为 20 ms)^[18-19];③计算 1 s 静息肌电活动的平均值,并以此作为肌肉放松时的肌紧张度^[20];④选取吞咽前受试者含住食物时 1 s 基线,计算平均值和标准差,此确定吞咽“开始”和“结束”时刻^[19,21];⑤确定吞咽“开始”和“结束”时刻,并采用 BioNeuro Infiniti 软件取图,吞咽的“开始”和“结束”为肌电轨迹超过和返回基线平均值 2 个标准差的点^[18-19,21];⑥计算参数,即净振幅值(激活水平)^[20],将吞咽活动的平均振幅减去肌肉放松时基线的肌紧张度。

三、统计分析

采用 SPSS 19.0 版统计学软件检验数据符合正态分布,进行混合设计重复测量方差分析,对舌骨上肌群肌电测试指标在不同肌群、不同头位与不同黏度食物的主效应、交互作用和简单效应进行分析。 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

表 2 可见,不同头位或不同黏度(即不同 IDDSI 等级)的主效应均存在差异,差异均有统计学意义($P<0.05$),头位与肌群和头位与黏度均存在交互效应,且差异均有统计学意义($P<0.05$),而黏度与肌群不存在交互效应($P>0.05$),且头位、黏度与肌群三者间亦不存在交互效应($P>0.05$),因此进一步进行简单效应分析。中立位,吞咽同黏度液体食物时,左、右侧舌骨上肌群的净振幅值差异均无统计学意义($P>0.05$)(图 2);右转头位和右侧屈头位吞咽同黏度液体食物时,左侧舌骨上肌群净振幅值均高于右侧舌骨上肌群,差异均有统计学意义($P<0.05$)(图 3

和图 4)。

表 2 不同头位和吞咽不同黏度液体食物双侧舌骨上肌群净振幅值结果($\mu\text{V}, \bar{x} \pm s$)

IDDSI 等级	中立位	右转头位	右侧屈头位
0 级			
右侧舌骨上肌群	18.60±8.50	15.00±6.14	18.25±7.49
左侧舌骨上肌群	19.10±6.94	25.10±8.40	28.45±8.39
1 级			
右侧舌骨上肌群	18.30±7.25	15.35±6.44	18.15±6.82
左侧舌骨上肌群	20.55±7.53	27.30±8.60	30.00±7.43
2 级			
右侧舌骨上肌群	18.10±6.67	15.55±5.93	19.40±6.04
左侧舌骨上肌群	19.85±7.44	27.30±8.68	31.45±6.79
3 级			
右侧舌骨上肌群	19.80±8.18	16.50±6.25	20.00±6.44
左侧舌骨上肌群	20.75±7.55	28.65±8.61	32.65±6.92
4 级			
右侧舌骨上肌群	19.45±7.65	17.65±6.27	21.50±7.20
左侧舌骨上肌群	21.10±8.07	29.30±9.89	33.75±6.97

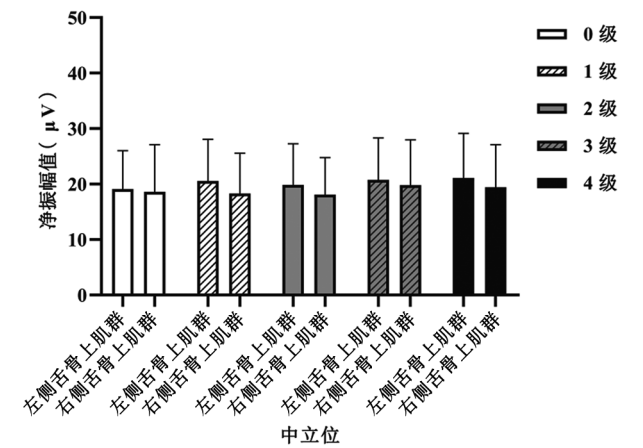
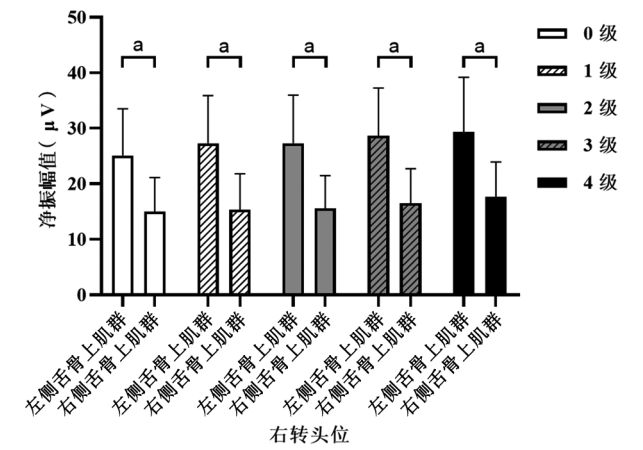


图 2 中立位吞咽不同黏度液体食物时左、右侧舌骨上肌群净振幅值的比较



注: * $P<0.05$

图 3 右转头位吞咽不同黏度液体食物时左、右侧舌骨上肌群净振幅值的比较

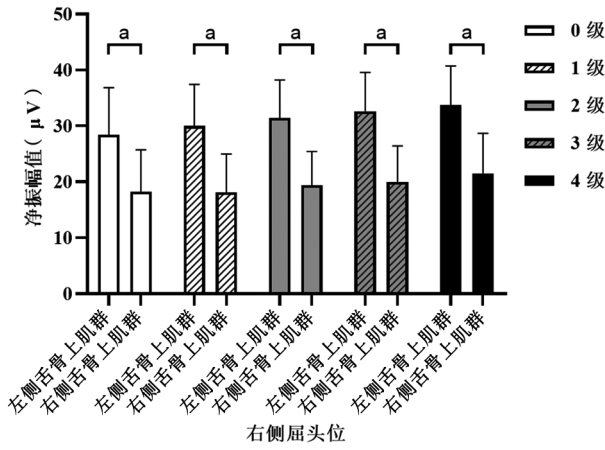


图4 右侧屈头位吞咽不同黏度液体食物时左、右侧舌骨上肌群净振幅值的比较

在中立位、右转头位、右侧屈头位,左侧舌骨上肌群的净振幅值依次增高,差异均有统计学意义($P < 0.05$)(图5)。在右转头位吞咽同黏度(0~3级)液体食物时,右侧舌骨上肌群的净振幅值低于中立位和右侧屈头位,差异均有统计学意义($P < 0.05$),其余头位两两比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);在右侧屈头位吞咽4级液体食物时,右侧舌骨上肌群的净振幅值高于中立位和右转头位,差异均有统计学意义($P < 0.05$),其余头位两两比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)(图6)。

中立位吞咽不同黏度液体食物时,左侧舌骨上肌群净振幅值两两之间差异均无统计学意义($P > 0.05$);右转头位吞咽0级液体食物时,左侧舌骨上肌群净振幅值显著低于吞咽1~4级液体食物,差异均有统计学意义($P < 0.05$),其余黏度两两比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);右侧屈头位吞咽0级液体食物时,左侧舌骨上肌群净振幅值显著低于吞咽2~4级液体食物,吞咽1级液体食物时,左侧舌骨上肌群净振幅值显著低于吞咽3~4级液体食物,差异均有统计学意义($P < 0.05$),其余黏度两两比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)(图7)。中立位或者右转头位吞咽不同黏度液体食物时,右侧舌骨上肌群净振幅值两两比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);右侧屈头位吞咽4级液体食物时,右侧舌骨上肌群净振幅值高于吞咽0~1级液体食物,吞咽3级液体食物时,右侧舌骨上肌群净振幅值高于吞咽1级液体食物,差异均有统计学意义($P < 0.05$),其余黏度两两比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)(图8)。

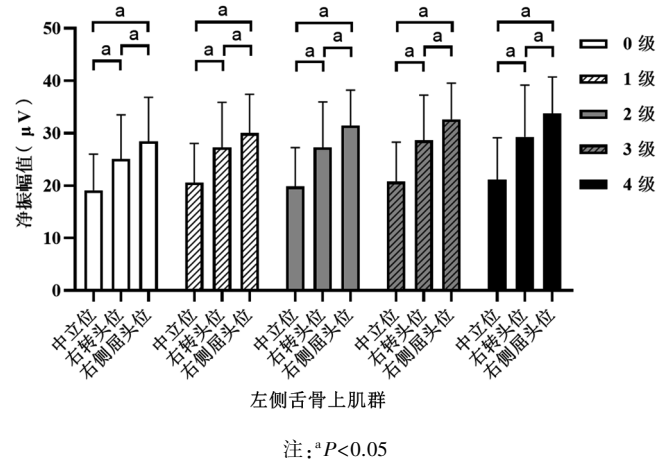


图5 不同头位吞咽不同黏度液体食物时左侧舌骨上肌群净振幅值的比较

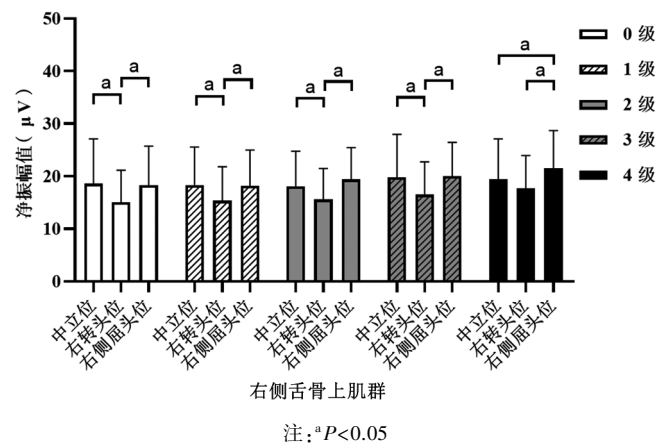


图6 不同头位吞咽不同黏度液体食物时右侧舌骨上肌群净振幅值的比较

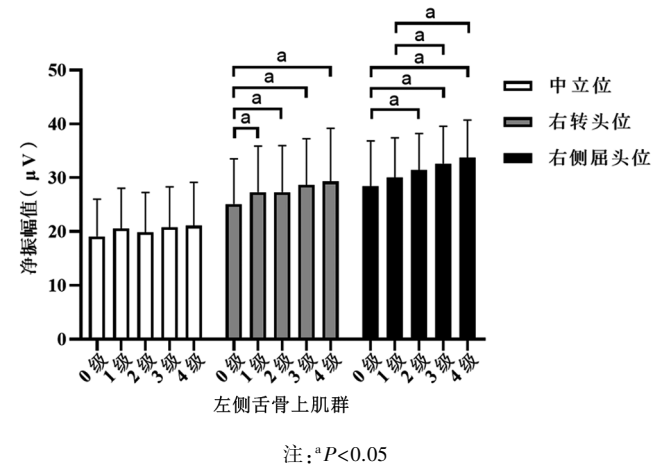


图7 同头位吞咽不同黏度液体食物时左舌骨上肌群净振幅值的比较

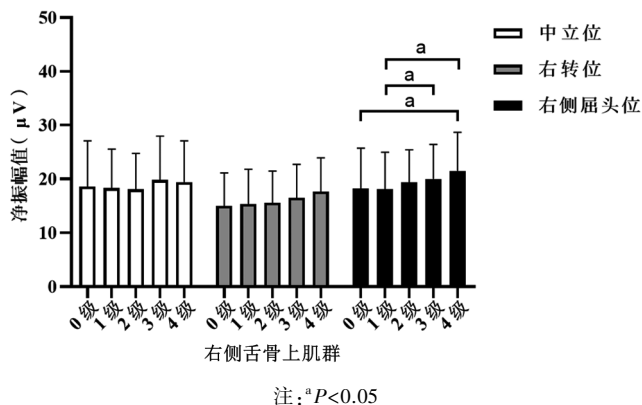


图8 同头位吞咽不同黏度液体食物时右舌骨上肌群净振幅值的比较

讨 论

本研究结果显示,无论吞咽何种黏度的液体食物,中立位时,左、右侧舌骨上肌群净振幅值差异均无统计学意义,而向右转头或右侧屈头后,左舌骨上肌群的收缩强度均高于右侧。这与Zhu等^[13]的研究结果一致。本研究在Zhu等^[13]研究[仅采用了两种体位(中立位与转头位)和一种黏度的液体食物(5 ml水)]的基础上进一步增加了侧屈头位和黏度种类,将其与IDDSI框架联系,更具有临床参考价值。

转头吞咽的机制是通过颈部转向患侧,使患侧的梨状隐窝变窄,健侧的梨状隐窝变宽,使食团能够通过健侧的梨状隐窝,同时可使环状软骨远离咽后壁,使环咽肌的静息压力降低^[3-4]。本研究结果提示,向右转头时,左侧舌骨上肌群的收缩强度高于右侧,提示患者由于一侧梨状隐窝残留而采用转头吞咽时,如果存在对侧舌骨上肌群无力,则此方法可能会因喉上抬不足而导致无法正常吞咽。这可能是转头吞咽效果存在争议的原因^[22]。

侧方吞咽的机制是采用头部倾斜姿势从而利用重力作用使食团向健侧移动^[3-5]。本研究结果提示,向右侧屈头位时,左侧舌骨上肌群的收缩强度高于右侧,因此,患者使用侧方吞咽使头部向健侧屈曲时,如果对侧(患侧)舌骨上肌群无力,则此方法可能会因喉上抬不足导致无法正常吞咽。临床中可以参考本研究结果,对转头与侧方吞咽方法的适用人群及如何改善疗效进行思考。

本研究结果显示,无论吞咽何种黏度的液体,左侧舌骨上肌群的净振幅值总是遵循以下规律,即右侧屈头位>右转头位>中立位,右侧舌骨上肌群的净振幅值绝大部分遵循以下规律:右侧屈头位=中立位>右转头位。本研究通过增加侧屈头位和黏度种类发现,右转头位时,右侧舌骨上肌群收缩强度低于中立位,而左侧舌骨上肌群收缩强度高于中立位;右侧屈头位时,右侧

(同侧)舌骨上肌群收缩强度与中立位相似,左侧(对侧)舌骨上肌群收缩强度高于中立位和右转头位。因此临床应用中,可根据此结果酌情选择不同的头位,以帮助患者顺利吞咽。在使用侧屈头位吞咽时,应充分考虑双侧舌骨上肌群的收缩功能。

本研究结果还显示,中立位吞咽时,双侧舌骨上肌群的净振幅值均不受IDDSI各液体黏度等级的影响;右转头位吞咽时,右侧(同侧)舌骨上肌群的净振幅值也不受IDDSI各液体黏度等级的影响,而左侧(对侧)舌骨上肌群仅在吞咽0级液体时收缩强度最低;右侧屈头位吞咽时,双侧舌骨上肌群的净振幅值均受IDDSI各液体黏度等级的影响,且左侧(对侧)舌骨上肌群受到的影响更明显。不同黏度食物产生的触觉和压力变化可以刺激口咽部周围感受器,主要通过三叉神经、面神经、舌咽神经、迷走神经传入吞咽中枢,整合后经由三叉神经、面神经、舌下神经等传出,引起它们所支配的肌肉如舌骨上肌群,产生相应的收缩。本研究发现,不同黏度对舌骨上肌群收缩的影响结果与Igarashi等^[20]和Ashida等^[23]的研究结果一致,均发现了中立位吞咽时,双侧舌骨上肌群的振幅值均不受黏度的影响。也与部分学者^[7,13,24-25]的研究结果不一致,原因可能与制备实验食物的黏度、一口量、食物材料和口味、口腔中放置位置等实验条件不同有关。目前,尚鲜见学者研究不同头位与黏度的交互影响。本研究结果提示,采用中立位吞咽时,可能无需考虑黏度对双侧舌骨上肌群收缩强度的影响;采用转头位吞咽时,可能仅需考虑0级黏度液体食物对对侧舌骨上肌群收缩强度的影响;采用侧屈头位吞咽时,则需考虑黏度对双侧舌骨上肌群收缩强度的影响,且对侧舌骨上肌群受黏度影响更大。因此,在临床工作中,应综合考虑头位、黏度对吞咽功能的影响。

综上所述,采用不同头位和黏度吞咽时,可不同程度地影响舌骨上肌群的收缩。本研究仅观察了20例健康成人吞咽一口量为5 ml液体食物时舌骨上肌群的肌电变化,对其他一口量与肌群是否存在此规律还有待深入研究;此外,本研究样本量有限,年龄分布较单一,今后还需增加样本量和年龄分布进行进一步的探讨。

参 考 文 献

- [1] 中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识组.中国吞咽障碍评估与治疗专家共识(2017年版)第一部分评估篇[J].中华物理医学与康复杂志, 2017, 39(12): 881-892. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.12.001.
- [2] 中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识组.中国吞咽障碍评估与治疗专家共识(2017年版)第二部分治疗与康复管理篇[J].中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(1): 1-10. DOI: 10.3760/cma.j.issn.

- 0254-1424.2018.01.001.
- [3] 陈卓铭. 语言治疗学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018; 240-283.
- [4] Cichero JAY, Murdoch BE. Dysphagia: foundation, theory, and practice [M]. Chichester: British Library, 2006; 60-350.
- [5] Kim CK, Ryu JS, Song SH, et al. Effects of head rotation and head tilt on pharyngeal pressure events using high resolution manometry [J]. Ann Rehabil Med, 2015, 39 (3): 425-431. DOI: 10.5535/arm.2015.39.3.425.
- [6] Groher ME, Crary MA. Dysphagia: clinical management in adults and children [M]. Amsterdam: Elsevier, 2016; 80-230.
- [7] van den Engel-Hoek L, de Groot IJM, Esser E, et al. Biomechanical events of swallowing are determined more by bolus consistency than by age or gender [J]. Physiol Behav, 2012, 106 (2): 285-290. DOI: 10.1016/j.physbeh.2012.02.018.
- [8] Hara K, Tohara H, Minakuchi S. Treatment and evaluation of dysphagia rehabilitation especially on suprahyoid muscles as jaw-opening muscles [J]. Jpn Dent Sci Rev, 2018, 54 (4): 151-159. DOI: 10.1016/j.jdsr.2018.06.003.
- [9] 大西幸子, 孙启良. 摄食·吞咽障碍康复实用技术 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2000; 80-100.
- [10] Su M, Zheng G, Chen Y, et al. Clinical applications of IDDSI framework for texture recommendation for dysphagia patients [J]. J Texture Stud, 2018, 49 (1): 2-10. DOI: 10.1111/jtxs.12306.
- [11] Uesugi Y, Ihara Y, Yuasa K, et al. Sole-ground contact and sitting leg position influence suprahyoid and sternocleidomastoid muscle activity during swallowing of liquids [J]. Clin Exp Dent Res, 2019, 5 (5): 505-512. DOI: 10.1002/cre2.216.
- [12] Zaretsky E, Pluschinski P, Sader R, et al. Identification of the most significant electrode positions in electromyographic evaluation of swallowing-related movements in humans [J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2017, 274 (2): 989-995. DOI: 10.1007/s00405-016-4288-7.
- [13] Zhu M, Yu B, Yang W, et al. Evaluation of normal swallowing functions by using dynamic high-density surface electromyography maps [J]. Biomed Eng Online, 2017, 16 (1): 133. DOI: 10.1186/s12938-017-0424-x.
- [14] Vaiman M, Eviatar E, Segal S. Surface electromyographic studies of swallowing in normal subjects: a review of 440 adults. Report 1. Quantitative data; timing measures [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2004, 131 (4): 548-555. DOI: 10.1016/j.otohns.2004.03.013.
- [15] 王婷. 表面肌电图在脑卒中后吞咽障碍评估中的应用 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2016.
- [16] 李玉章. 表面肌电图在体育中的应用 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2015; 9-100.
- [17] Konrad P. The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological electromyography [M]. USA: Noraxon INC, 2005; 3-100.
- [18] Crary MA, Baldwin BO. Surface electromyographic characteristics of swallowing in dysphagia secondary to brainstem stroke [J]. Dysphagia, 1997, 12 (4): 180-187. DOI: 10.1007/PL00009534.
- [19] Ding R, Larson CR, Logemann JA, et al. Surface electromyographic and electroglottographic studies in normal subjects under two swallow conditions: normal and during the Mendelsohn maneuver [J]. Dysphagia, 2002, 17 (1): 1-12. DOI: 10.1007/s00455-001-0095-3.
- [20] Igarashi A, Kawasaki M, Nomura S, et al. Sensory and motor responses of normal young adults during swallowing of foods with different properties and volumes [J]. Dysphagia, 2010, 25 (3): 198-206. DOI: 10.1007/s00455-009-9243-y.
- [21] Archer SK, Garrod R, Hart N, et al. Dysphagia in Duchenne muscular dystrophy assessed objectively by surface electromyography [J]. Dysphagia, 2013, 28 (2): 188-198. DOI: 10.1007/s00455-012-9429-6.
- [22] Lee H, Rho H, Cheon H, et al. Selection of head turn side on pharyngeal dysphagia in hemiplegic stroke patients: a preliminary study [J]. Brain Neurorehabil, 2018, 11 (2): e19. DOI: 10.12786/bn.2018.11.e19.
- [23] Ashida I, Iwamori H, Kawakami SY, et al. Analysis of the pattern of suprahyoid muscle activity during pharyngeal swallowing of foods by healthy young subjects [J]. J Med Eng Technol, 2010, 34 (4): 268-273. DOI: 10.3109/03091901003646096.
- [24] Inokuchi H, González-Fernández M, Matsuo K, et al. Electromyography of swallowing with fine wire intramuscular electrodes in healthy human: amplitude difference of selected hyoid muscles [J]. Dysphagia, 2016, 31 (1): 33-40. DOI: 10.1007/s00455-015-9655-9.
- [25] Watts CR, Kelly B. The effect of bolus consistency and sex on electrophysiological measures of hyolaryngeal muscle activity during swallowing [J]. Dysphagia, 2015, 30 (5): 551-557. DOI: 10.1007/s00455-015-9635-0.

(修回日期: 2021-09-23)

(本文编辑: 阮仕衡)