

基于近红外脑功能成像的健康人吞咽热水和冰水过程中脑血流动力学信号的变化

张耀文¹ 黄文浩¹ 李鑫¹ 赵妃¹ 王梦心¹ 史静¹ 林依秋¹ 杨子霖² 唐志明^{1,2}

¹中山大学附属第三医院康复医学科, 广州 510630; ²中山大学附属第三医院粤东医院康复医学科, 梅州 514000

通信作者: 唐志明, E-mail: tangzhm3@mail.sysu.edu.cn

【摘要】 目的 通过 fNIRS 探究在吞咽热水和冰水时健康受试者脑血流变化情况, 以验证 fNIRS 对于不同温度液体吞咽任务识别的敏感性, 为今后应用 fNIRS 对吞咽障碍患者进行中枢诊断及干预辅助提供理论依据。**方法** 纳入符合入组条件的健康受试对象 16 例, 按照随机顺序进行吞咽热水和冰水的任务, 并采用 fNIRS 对任务过程进行记录, 配对比较静息状态、吞咽热水和吞咽冰水状态两两之间不同脑区激活程度的差异。**结果** 相较于静息状态, 吞咽热水和冰水时均有 19 个通道激活, 共同激活的皮质包括 S1、M1、PMC、SMA、Wernicke 区、体感联合皮质、视觉联合皮质和额叶眼动区, DLPFC 仅在吞咽热水时激活, 中央下区仅在吞咽冰水时激活。SMA 和 PMC 在吞咽热水比吞咽冰水时激活程度更高, 差异具有统计性。**结论** 健康受试者的多个脑区都有激活并参与了吞咽热水和冰水的调控, 且吞咽热水比吞咽冰水能够更好的激活健康受试者的 PMC 和 SMA。

【关键词】 吞咽; 近红外脑功能成像; 皮质激活

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (81401872); 广东省医学科研基金面上项目 (A2022240, B2023071); 中山大学附属第三医院粤东医院院内基金 (YDN2022002)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.12.008

Cerebral hemodynamic signals as healthy people swallow hot and cold water: An infrared spectroscopy study

Zhang Yaowen¹, Huang Wenhao¹, Li Xin¹, Zhao Fei¹, Wang Mengxin¹, Shi Jing¹, Lin Yiqiu¹, Yang Zilin², Tang Zhiming^{1,2}

¹Department of Rehabilitation Medicine, The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China; ²Department of Rehabilitation Medicine, Yuedong Hospital, The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Meizhou 514000, China

Corresponding author: Tang Zhiming, Email: tangzhm3@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 Objective To explore the change in cerebral blood flow when healthy subjects swallow hot and ice water, and to verify the sensitivity of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) in identifying liquid temperatures while swallowing as a basis for applying it in diagnosis and intervention. **Methods** Sixteen healthy subjects swallowed hot and ice water in randomized order while the process was recorded using fNIRS. The activation at rest and when swallowing hot and ice water was compared pairwise. **Results** Compared with the resting state, 19 channels were activated during the swallowing of the hot and ice water. The common activated areas were S1, M1, PMC, SMA, Wernicke's area, the somatosensory association cortex, the visual association cortex and the frontal eye field. However, the dorsal lateral prefrontal cortex was activated only when swallowing hot water, and the subcentral area was activated only when swallowing ice water. The SMA and PMC were significantly more activated when swallowing hot water than ice water. **Conclusions** Multiple brain regions are activated and participate in regulating swallowing. The PMC and SMA areas can distinguish hot water from ice water swallowing.

【Key words】 Swallowing; Functional near-infrared spectroscopy; Cortical activation

Funding: China's National Science Fund for Distinguished Young Scholars (81401872); the Medical Scientific Research Foundation of Guangdong Province (A2022240, B2023071); Hospital Fund of Yuedong Hospital, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University (YDN2022002)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.12.008

吞咽是一项需要高级脑功能参与的复杂运动,需要自主运动与反射性运动的共同参与^[1]。以往的功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)研究^[2-4]显示,大脑皮质的感觉区、运动区、额叶和颞叶,以及小脑和脑干均参与了吞咽的过程,不同部位的脑损伤亦有可能导致出现吞咽困难^[5]。

传统的吞咽障碍康复治疗中,温度刺激是常用的干预手段^[6],通过不同温度的感觉输入,刺激口腔和咽部的感觉神经,增加吞咽反射的敏感性和启动速度^[7],促进吞咽中枢的皮质激活^[8],从而改善患者的吞咽功能。但以往的研究多集中于使用温度刺激进行吞咽功能训练,对于不同温度条件下进食过程中的差异性鲜有报道。功能性近红外光谱(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)技术是一项对环境要求相对较低、安全、无创且费用较低的检测手段^[9],且其检测的过程中即使受试对象需要因为完成任务而有移动,仍可保持检测信号的稳定性。本研究通过 fNIRS 技术探讨吞咽热水和冰水时健康受试者的脑血流变化情况,以验证 fNIRS 对于不同温度液体吞咽任务识别的敏感性,旨在为今后应用 fNIRS 对吞咽障碍患者的中枢诊断及辅助干预提供理论依据。

研究对象与方法

一、受试对象

入选标准:①既往身体健康;②无个人或家族精神疾病史;③无药物史和酗酒史;④无明显吞咽功能问题,经洼田饮水实验筛查吞咽功能正常;⑤签署知情同意书。

排除标准:①服用可能影响吞咽功能的药物;②

存在头皮感染或破损等无法检测者。

纳入对象均来自中国中山大学附属第三医院康复医学科的临床研究健康志愿者招募,纳入受试对象 16 例。16 例受试者全部完成实验流程,其中男 9 例,女 7 例,平均年龄(32.54 ± 13.25)岁。本研究获中山大学附属第三医院粤东医院伦理委员会批准(伦理编号 2021 年项目 7 号),符合 1975 年《赫尔辛基宣言》(2008 年修订)。

二、吞咽液体实验流程

实验过程在安静房间进行,尽可能减少可能会影响测量结果的不必要刺激。受试对象坐在一张皮制靠背椅上,前方放置有一张移动工作台和一台高度适合的笔记本电脑。靠背椅右侧放置有一个 2.1 m 高的输液架,输液架顶部挂有一个带有温度显示装置的保温桶,保温桶下端开口可以连接长 70 cm,直径 4 mm 的塑料软管,塑料软管上安装有流速调节器可以对流出的液体进行流速控制。

受试对象按照随机顺序完成吞咽冰水或热水液体的任务,随机顺序经由 Matlab 随机数生成程序对受试对象进行编码,由特定研究人员进行负责随机分组及隐藏分组。选取液体为 45℃ 的热水和 5℃ 的冷水,所有液体均放在保温桶中,经由塑料软管接入患者口中,使用流速调节器将出水量调节为 1 ml/s。

吞水测试时,受试对象前方有一块屏幕,将会指引受试对象按照屏幕上的提示进行吞咽。每种温度的液体共进行 5 个周期的吞咽,每个吞咽周期为 30 s,需要完成 6 次吞咽,每个吞咽周期之间有 30 s 的休息时间,开始吞咽周期前和所有吞咽周期完成后均有 180 s 的静息时间,在静息时间内要求受试者尽量避免做出吞咽动作(如图 1 所示)。

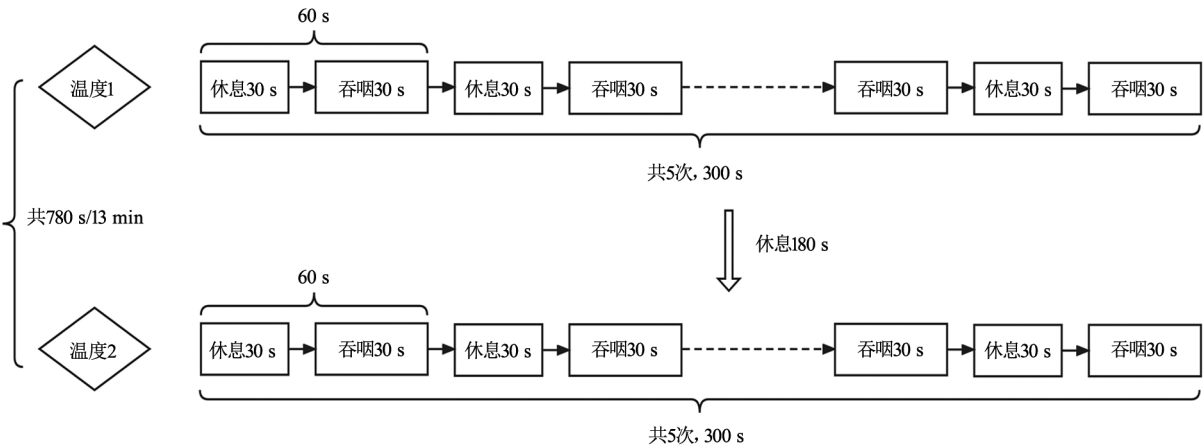


图 1 吞咽液体任务测试流程图

三、fNIRS 数据采集方法

整个 13 min 的吞咽液体测试过程(见图 1)均使用连续波 fNIRS 设备(NirScan, 丹阳慧创医疗设备有限公司)进行记录和标定^[10], 采集过程使用波长为 730、808 和 850 nm 的激光探头对大脑皮质血流动力学参数进行测量;由 22 个光源探头和 22 个接收探头组成了 59 个测量通道(如图 2 所示),使用设备配套的近红外检测探头定位头帽进行定位,头帽前缘平齐眉弓,中心正对眉中,头帽后缘平齐枕骨下缘,采集探头被定位头帽固定。探头材质均为雪崩光电二极管,采集过程中各通道的采样频率均为 11 Hz,检测区域包括双侧的前额叶、前额叶背外侧(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)、额上回、初级感觉皮质(primary sensory cortex, S1)区、初级运动皮质(primary motor cortex, M1)区、辅助运动区(supplementary motor area, SMA)、运动前区(premotor area, PMC)、颞中回、Broca 区和 Wernicke 区。整个实验过程采用 NirScan 设备内置软件进行记录和标定^[10],该软件可以自动捕获近红外脑功能成像检测的相关数据以供后续进行处理和分析。

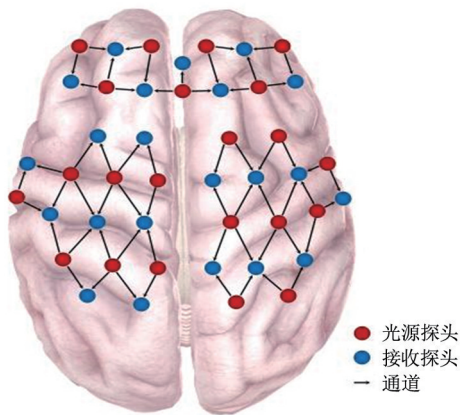


图 2 fNIRS 光源和接收探头及其测量通道位置示意图

近红外脑功能成像检测时需要注意的事项:①提醒受试对象保持头部稳定,避免头部运动,以免影响成像质量;②检测前检查头发是否干净、干燥,以及是否有发胶、发蜡等物质,避免对成像质量造成影响;③检查探头是否紧贴头皮,以确保信号质量;④避免在强磁场环境下进行检测,以免对测量结果产生影响。

四、统计学方法

1. fNIRS 数据处理:主要使用氧合血红蛋白(HbO_2)作为主要参数反应吞咽过程中的血流动力学变化。首先,使用 NirSpark 软件对收集到的原始数据进行初步处理^[11],其中包括处理伪影、滤波、分割和基线比较,将原始近红外光谱光强度信号转化为信号之后,再转换为血氧浓度数据。以兴趣区(region of inter-

est, ROI)的平均值对数据进行统计分析。再利用该软件内置预处理模块对采集到的近红外光谱数据进行预处理。阈值标准差设置为 6.0,幅度阈值设置为 0.5;通过 3 次样条插值结合标准偏差的偏移去除运动伪影。采用 0.01~0.10 Hz 的带通滤波,去除心率、呼吸频率和 Mayer 波引起的信号干扰。将差分路径长度因子设置为 6.0,根据修正的 Beer-Lambert 定律计算静息态和任务态下各通道的 HbO_2 浓度的德尔塔值。

静息状态数据采用 NirSpark 软件进行块模式分析,将基线设为 $[-2 \text{ s}, 0 \text{ s}]$,计算各通道的平均血红蛋白值。通过将每个 ROI 中所有通道的血红蛋白浓度除以每个 ROI 中的通道数,得到每个 ROI 静息状态下的平均血红蛋白。

2. 统计学分析:受试对象的年龄等一般临床资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。采用 Kolmogorov-Smirnov 和 Levene 法检验测量所得数据的正态性和方差齐性;采用配对 t 检验分别对静息状态和吞咽热水的任务态、静息状态和吞咽冰水的任务态、吞咽热水的任务态和吞咽冰水的任务态进行比较,通过对不同状态下 fNIRS 检测到的 HbO_2 浓度进行分析,检测 ROI 的激活情况。 $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

与静息状态相比,吞咽热水时有 19/59 个通道的 β 值差异有统计学意义($P < 0.05$),这些通道代表的脑区包括 DLPFC、S1 区、M1 区、PMC、SMA、Wernicke 区、体感联合皮质、视觉联合和额叶眼动区;吞咽冰水时亦有 19/59 个通道的 β 值差异有统计学意义($P < 0.05$),这些通道代表的脑区包括 S1 区、M1 区、PMC、SMA、Wernicke 区、体感联合皮质、中央下区、视觉联合和额叶眼动区。吞咽热水与吞咽冰水相比,有 1/59 个通道的 β 值差异有统计学意义($P < 0.05$),其中 27 通道代表的脑区为 SMA 和 PMC。具体数据详见表 1,如图 3 所示。

讨 论

本研究采用 fNIRS 测量了 16 例受试者在静息状态、吞咽热水和吞咽冰水时皮质代表区 59 个通道不同条件吞咽过程中各个脑区 HbO_2 的信号强度,探讨吞咽热水和冰水时不同脑区的活动变化,分析热水和冰水吞咽过程中大脑皮质激活的差异性,结果显示,相较于静息状态,吞咽热水和冰水时均有 19 个通道激活,共同激活的皮质包括 S1 区、M1 区、PMC、SMA、Wernicke 区、体感联合皮质、视觉联合皮质和额叶眼动区, DLPFC 仅在吞咽热水时激活,中央下区仅在吞咽冰水时激活;而吞咽热水与吞咽冰水相比,仅在 SMA 和 PMC 出现激活差异性,且表现为吞咽热水的激活程度更高。

表 1 吞咽热水和冰水任务与静息状态 β 值比较

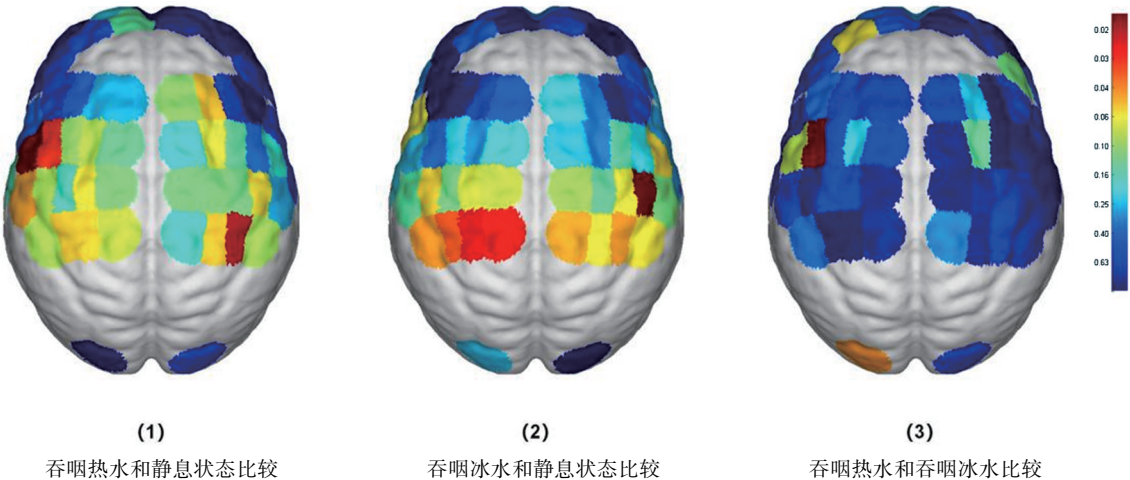
通道	脑区	皮质代表脑区	P 值		
			热水-静息	冰水-静息	热水-冰水
1	S1-D1	Wernicke 区	0.0344 *	0.0119 *	0.7645
2	S1-D12	Wernicke 区	0.0033 *	0.0069 *	0.5875
13	S6-D5	Wernicke 区	0.0329 *	0.0067 *	0.3624
14	S6-D21	S1 区	0.0335 *	0.0106 *	0.8192
15	S6-D22	S1 区	0.0136 *	0.0394 *	0.5306
16	S7-D12	体感联合皮质	0.0177 *	0.0124 *	0.8546
17	S7-D19	体感联合皮质	0.0873	0.0078 *	0.3090
27	S11-D21	PMC, SMA	0.0067 *	0.2098	0.0125 *
28	S11-D22	M1 区, PMC, SMA	0.0023 *	0.1072	0.0806
30	S11-D24	M1 区	0.2451	0.0128 *	0.6484
31	S12-D12	PMC	0.0482 *	0.0426 *	0.7968
33	S12-D19	PMC	0.0492 *	0.0228 *	0.8971
34	S12-D20	DLPFC 区	0.0236 *	0.1628	0.1321
37	S14-D15	额叶眼动区	0.0313 *	0.1410	0.2241
39	S14-D21	DLPFC 区	0.0392 *	0.0889	0.4973
45	S17-D1	S1 区	0.0202 *	0.0009 *	0.7450
46	S17-D12	M1 区, SMA	0.0503	0.0129 *	0.6659
48	S17-D20	Wernicke 区	0.0602	0.0454 *	0.9706
49	S18-D1	中央下区	0.1486	0.0316 *	0.7925
51	S18-D17	额叶眼动区	0.0834	0.0106 *	0.8224
52	S19-D14	Wernicke 区	0.0410 *	0.0804	0.6102
53	S19-D20	体感联合皮质	0.0172 *	0.1681	0.2338
54	S20-D5	M1 区	0.0183 *	0.0041 *	0.9600
55	S20-D11	M1 区, S1 区	0.0184 *	0.0019 *	0.9724
56	S20-D15	体感联合皮质	0.0213 *	0.0149 *	0.5879
57	S20-D21	M1 区	0.0814	0.0343 *	0.5269

注:表中 * $P<0.05$

本研究使用的 59 通道 fNIRS 检测设备可以基本覆盖除小脑外的全部脑区,通过结果分析发现,吞咽热水和冰水时都激活了 S1 区、M1 区、PMC、SMA、Wernicke 区和视觉联合皮质,这与以往的 fMRI 研究结果相一致^[12]。当受试对象进行吞咽任务时,无论

是冰水还是热水,都能对其口腔、咽部及上消化道产生刺激作用,使其 S1 区产生激活效应。曾明等^[13]研究显示,吞咽动作的完成需要口唇、舌、软腭、咽部及食管多部位的肌肉协同运动,这种系统运动需要全部运动脑区的共同参与,即 M1 区、PMC 和 SMA 都显示出明显的激活作用;受试对象在完成吞咽任务的时候,需跟随显示屏上的文字指示完成相应的吞咽动作或口腔控制,反映在 fNIRS 检测结果中就是 Wernicke 区和视觉联合皮质的激活;Martin 等^[14]研究也显示了文字视觉刺激对于上述脑区的激活作用,提示 fNIRS 能够反映受试对象在行热水或冰水吞咽任务中的大脑皮质激活情况,且与以往的研究结果具有良好的一致性。

本研究还发现,受试对象完成吞咽热水任务时,其 DLPFC 相较静息状态有明显激活,既往研究^[15]显示, DLPFC 是灵长类动物在进化中所特有的皮质,在认知过程中起核心作用,主要参与认知控制与情绪调节。前额叶皮质网络相互作用共同参与吞咽的认知控制和执行功能,吞咽热水可能会导致受试对象出现不适或感到压力,需要更加集中注意力完成吞咽任务,因此表现出了 DLPFC 的激活效应。而受试对象在完成吞咽冰水任务时,其中央下区相较静息状态有明显激活,关于中央下区功能的研究相对较少。有研究^[16]认为,中央下区主要参与大脑活动的自我调节,触觉、味觉和特殊信息的感知过程,且中央下区与下丘脑共同维持体温的恒定,吞咽冰水可能会导致寒冷或震颤,对受试对象而言是非常强烈的感觉刺激,在感知到冰水进入后,可能激活了受试对象的温度调节和恒温反应,进而表现为中央下区的皮质激活,但这一假设仍需进一步深入研究。



注:图中所示为 β 值变化, β 值越大,颜色越接近深红色,脑区激活越强烈; β 值越小,颜色越接近深蓝色,脑区激活越低

图 3 受试者吞咽热水任务及冰水任务时的大脑皮质的激活情况

本研究中, 吞咽热水与吞咽冰水相比, 只有 SMA 和 PMC 的激活具有显著差异(见表 1), 且表现为吞咽热水时的激活程度更高。Takeuchi 等^[17]研究显示, 与吞咽常温水相比, 受试对象在吞咽冰水时表现出更短的吞咽反应时间, 但会最大程度的引起不适感, 并认为冰水可更大程度地刺激口腔和咽部的感觉神经, 从而增强吞咽中枢的激活程度, 促进吞咽动作的产生; 由于口腔内的不适感增加, 会促使受试对象更快的完成整个吞咽过程。Magara 等^[18]研究显示, 相较于冰刺激, 口腔内的温热刺激可以显著降低运动阈值, 增加运动诱发电位的幅度和减少中枢响应时间, 且这些变化可持续至少 30 min, 这表明温热刺激使得咽喉感觉和运动皮质的兴奋性增加, 且这种效应具有持续性。上述结论都可以在行为学层面与本研究的结果相互印证。

在皮质功能层面, PMC 和 SMA 都属于布罗德曼 6 区(Brodmann area 6), 是大脑控制运动的核心部分。PMC 位于大脑额叶的外侧面, 主要负责规划和执行复杂的运动序列, 如手势、语言和工具使用^[19]。SMA 位于大脑额叶的内侧面, 主要负责学习和记忆新的运动序列, 以及协调双侧肢体的运动^[20]。PMC 和 SMA 在吞咽过程中起着重要的作用, 它们可以调节吞咽动作的启动、执行和协调, 以及吞咽反射的抑制和促进。Cheng 等^[21]研究表明, 复杂的吞咽任务、不同类型的刺激、老年人、女性、负面情绪状态、低认知水平和吞咽障碍等多个方面都可以增加 PMC 和 SMA 在吞咽过程中的激活强度和连接模式。这也印证了本研究得出的结论, 即吞咽能够产生更强感觉刺激的热水可以让 PMC 和 SMA 的激活程度更高。

神经影像工具(如 fMRI)可以评估吞咽困难患者的中枢功能^[22], 从而指导治疗方案和预后评估。然而, fMRI 检测有很高的环境要求, 需要受试者平躺在磁共振仪器中保持安静稳定, 这对于有中枢系统疾病的患者来说有一定难度。此外, fMRI 检测的费用也很高, 因而限制了它在临床吞咽功能评估中的广泛应用。相反, fNIRS 具有便携性和操作性的优势, 是一种更经济、更实用的方法, 可以研究吞咽过程中大脑皮质激活模式的变化。通过近红外范围的光测量大脑组织中 HbO₂ 和脱氧血红蛋白(HbR)的变化情况, 具备更好的时间分辨力。而 fNIRS 检测可以让受试者在坐位下, 以更舒适、更贴近自然的方式完成进食任务, 以避免在平卧位下进食而导致的误吸发生。但 fNIRS 也有一些局限性, 如它不能检测深部脑区, 无法对脑干、小脑和皮质下区域进行综合分析。

综上所述, fNIRS 研究表明健康受试者冰水吞咽和热水吞咽时的多个脑区均有激活, 并参与了吞咽

过程的调控, 这有助于进一步阐明吞咽相关的神经网络机制; 而吞咽热水比吞咽冰水能更好地激活健康受试者的 PMC 和 SMA, 这为今后吞咽功能障碍患者进食食物温度的选择提供了理论支持。但本研究样本量不足(仅 16 例健康成年受试对象), 需要增加受试对象数量以提高结论的代表性。因此, 未来的研究可以在扩大健康受试对象的基础上, 纳入部分吞咽功能障碍患者, 探究健康个体与患者在吞咽不同温度液体时皮质激活的差异。

参 考 文 献

- [1] 袁英, 汪洁, 黄小波, 等. 吞咽功能的中枢及周围神经调控机制[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(12): 1479-1482. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.12.023.
- [2] 郭刚, 马鹏程, 张坤, 等. 吞咽功能相关脑功能区激活机制的血氧水平依赖功能磁共振研究[J]. 神经损伤与功能重建, 2022, 17(7): 413-415+433. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20210555.
- [3] 张智意, 邢相欣, 祝乐群, 等. 健康人群自主吞咽的全脑激活部位研究[J]. 中国康复, 2022, 37(6): 350-354. DOI: 10.3870/zgkf.2022.06.007.
- [4] Michou E, Williams S, Vidyasagar R, et al. fMRI and MRS measures of neuroplasticity in the pharyngeal motor cortex[J]. Neuroimage, 2015, 117: 1-10. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2015.05.007.
- [5] 李超, 曾妍, 戴萌, 等. 不同病灶部位脑卒中患者吞咽障碍特点分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(1): 20-23. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.01.004.
- [6] 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.
- [7] Cola PC, Onofri SMM, Rubira CJ, et al. Electrical, taste, and temperature stimulation in patients with chronic dysphagia after stroke: a randomized controlled pilot trial[J]. Acta Neurol Belg, 2021, 121(5): 1157-1164. DOI: 10.1007/s13760-021-01624-2.
- [8] Magara J, Watanabe M, Tsujimura T, et al. Cold thermal oral stimulation produces immediate excitability in human pharyngeal motor cortex[J]. Neurogastroenterol Motil, 2018, 30(10): e13384. DOI: 10.1111/nmo.13384.
- [9] 苗国富, 王丝蕊, 廖维靖. 功能性近红外光谱成像技术在脑卒中后非运动功能障碍康复中的应用研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2022, 44(6): 568-571. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.06.022.
- [10] Bu L, Zhang M, Li J, et al. Effects of sleep deprivation on phase synchronization as assessed by wavelet phase coherence analysis of prefrontal tissue oxyhemoglobin signals[J]. PLoS One, 2017, 12(1): e0169279. DOI: 10.1371/journal.pone.0169279.
- [11] Xu G, Zhang M, Wang Y, et al. Functional connectivity analysis of distracted drivers based on the wavelet phase coherence of functional near-infrared spectroscopy signals[J]. PLoS One, 2017, 12(11): e0188329. DOI: 10.1371/journal.pone.0188329.
- [12] Michou E, Mastan A, Ahmed S, et al. Examining the role of carbonation and temperature on water swallowing performance: a swallowing reaction-time study[J]. Chem Senses, 2012, 37(9): 799-807. DOI:

- 10.1093/chemse/bjs061.
- [13] 曾明,马静梅,顾旭东,等.吞咽动作观察疗法对脑卒中患者吞咽功能和功能性磁共振成像的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2021,43(2):116-121. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.02.003.
- [14] Sereno MI,Lutti A,Weiskopf N,et al.Mapping the human cortical surface by combining quantitative T(1) with retinotopy[J].Cereb Cortex,2013,23(9):2261-2268. DOI:10.1093/cercor/bhs213.
- [15] Yang Z, Yue T, Zschorlich VR, et al. Behavioral effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in disorders of consciousness: a systematic review and meta-analysis[J]. Brain Sci,2023,13(10):1362. DOI:10.3390/brainsci13101362.
- [16] Savelov AA,Shtark MB,Mel'nikov ME,et al. Dynamics of fMRI and EEG parameters in a stroke patient assessed during a neurofeedback course focused on brodmann area 4 (M1)[J]. Bull Exp Biol Med, 2019,166(3):394-398. DOI:10.1007/s10517-019-04358-7.
- [17] Takeuchi C,Takei E,Ito K,et al. Effects of carbonation and temperature on voluntary swallowing in healthy humans[J]. Dysphagia,2021,36(3):384-392. DOI:10.1007/s00455-020-10147-6.
- [18] Magara J,Watanabe M,Tsujimura T,et al. Lasting modulation of human cortical swallowing motor pathways following thermal tongue stimulation[J]. Neurogastroenterol Motil,2021,33(1):e13938. DOI:10.1111/nmo.13938.
- [19] Katak SS, Stinear JW, Buch ER,et al. Rewiring the brain: potential role of the premotor cortex in motor control, learning, and recovery of function following brain injury[J]. Neurorehabil Neural Repair,2012,26(3):282-292. DOI:10.1177/1545968311420845.
- [20] 赵京都,张皓. 辅助运动区的神经可塑性及临床研究进展[J]. 中国康复,2022,37(5):305-309. DOI:10.3870/zgkf.2022.05.012.
- [21] Cheng I,Takahashi K,Miller A,et al.Cerebral control of swallowing: an update on neurobehavioral evidence[J]. J Neurol Sci,2022,442:120434. DOI:10.1016/j.jns.2022.120434.
- [22] 吴昊月,罗红玲,祝乐群,等. 吞咽功能磁共振成像的研究进展[J].中国康复,2020,35(6):325-328. DOI:10.3870/zgkf.2020.06.011.

(修回日期:2023-11-13)

(本文编辑:汪 玲)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

华中科技大学同济医学院附属同济医院杂志社简介

华中科技大学同济医学院附属同济医院目前主办和承办有 11 种医学期刊,包括《中华物理医学与康复杂志》、《肿瘤学与转化医学》(英文版)、《内科急危重症杂志》、《骨科》、《神经损伤与功能重建》、《临床口腔医学杂志》、《中国康复》、《医药导报》、《护理学杂志》、《放射学实践》和《中西医结合研究》。

这 11 种医学期刊构成了专业比较齐全的学术期刊方阵,内容涵盖临床医学、药学、口腔学、护理学及辅助医疗技术等各个领域,上述期刊均被收录为国家科技部中国科技论文统计源期刊,并被中国学术期刊网络出版数据库、万方数据库等国内多家大型检索数据库收录;部分期刊被德国 Springer Link 数据库、荷兰《医学文摘》、波兰《哥白尼索引》(IC)、美国《化学文摘》(CA)、《国际药学文摘》(IPA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)等国外权威检索机构收录。在各级新闻出版界组织的优秀期刊评选活动中,屡次获得各种奖项,其中 2 种期刊入选中国精品科技期刊,1 种被评为湖北省 10 大名刊,3 种期刊为湖北省医学优秀精品期刊。

长期以来,同济医院杂志社充分发挥武汉同济医院专家云集、人才荟萃、信息畅通、联系广泛的整体优势,汇集了国内、外优秀的医药卫生专家,组成了各系列杂志的编辑委员会和审稿专家队伍,并逐渐形成了一整套完善的医学期刊编辑出版管理体系和制度,培养、建立了自己的编辑审稿人队伍。各期刊依托医院临床及科研优势,以传播最新医学知识、交流最新科研成果、引导学术发展方向、推动医学科技进步为己任,及时报道国内外医学临床与科研工作新进展、新知识与新技术,发挥了重要的学术导向作用,并取得了良好的社会效益和经济效益,为促进我国医学事业发展,繁荣医药科技出版事业做出了应有的贡献。杂志社将继续坚持以改革发展为动力、以建设世界一流期刊集群为目标、以促进我国医药卫生科技进步和学术发展为己任,坚守先进的办刊理念、高标准的学术质量,更好地肩负起推动我国科学技术繁荣发展的历史使命。

同济医院杂志社的网址为 www.chmed.net,欢迎大家登录并积极投稿。

地址:湖北省武汉市蔡甸区中法新城同济专家社区 E 栋,邮编:430030。