·吞咽障碍的评估与治疗专题·专家论坛·

DOI：10.12464/j.issn.0253-9802.2025-0140

黄原胶增稠剂在卒中后吞咽障碍中应用的研究进展

欢迎扫码观看
文章视频简介

魏翔宇[1]，张炯亮[1]，李欣悦[1]，余东辉[1]，吴民民[1]，王宇婷[1]，苏雨萌[1]，朱路文[2,3]✉
（1. 黑龙江中医药大学第二临床医学院，黑龙江 哈尔滨 150000；2. 黑龙江中医药大学附属第二医院康复中心，黑龙江 哈尔滨 150000；3. 黑龙江省脑功能与神经康复重点实验室，黑龙江 哈尔滨 150000）

通信作者简介：朱路文，教授，主任医师，博士生导师，现任黑龙江中医药大学附属第二医院院长、党委副书记。长江学者特聘教授，青年长江学者，青年岐黄学者。学术兼职：中华中医药学会康复分会副主任委员，中国康复医学会针灸技术与康复专委会主任委员，中国针灸学会针灸康复专委会副主任委员，黑龙江省康复医学会副会长。主要从事寒地中风针灸、康复临床诊疗及作用机制研究。现主持国家重点研发计划、国家自然科学基金、中国博士后科学基金、黑龙江省重点研发计划等 16 项课题。获黑龙江省科技进步一等奖、中国康复医学会科学技术一等奖等 8 项科技奖励。主编教材 / 专著 4 部、副主编 2 部。授权发明专利 2 项。发表中文核心期刊论文 30 篇、SCI 论文 28 篇。E-mail:zhuluwen1983@126.com。

【摘要】 吞咽障碍作为脑卒中后最常见的症状之一，发病率高达 56.6%，严重影响患者的营养代谢平衡和生活质量。黄原胶作为一种天然多糖类增稠剂，因其独特的剪切稀化特性在卒中后吞咽障碍（PSD）干预中展现出独特的临床应用价值。文章系统综述黄原胶的流变学特性及对吞咽功能的影响，从吞咽动力学改善、误吸与肺炎预防、营养状态调控 3 个维度探讨其在 PSD 中的应用价值。结合新型黄原胶基材料及智能化评估技术研究进展，提出个性化增稠方案设计及多模式联合干预的未来方向，为 PSD 干预策略提供新思路。

【关键词】 黄原胶；增稠剂；脑卒中；吞咽障碍；流变学；误吸；肺炎

Research progress of xanthan gum thickeners in post-stroke dysphagia

WEI Xiangyu[1], ZHANG Jiongliang[1], LI Xinyue[1], YU Donghui[1], WU Minmin[1], WANG Yuting[1], SU Yumeng[1], ZHU Luwen[2,3]✉
(1.The Second Clinical Medical College, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150000, China; 2.Rehabilitation Centre of the Second Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150000, China; 3.Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Brain Function and Neurorehabilitation, Harbin 150000, China)
Corresponding author: ZHU Luwen, E-mail: zhuluwen1983@126.com

【Abstract】 As one of the most common complications after stroke, dysphagia has a prevalence rate of 56.6%, which seriously affects the nutritional metabolic balance and quality of life of patients. Xanthan gum, as a natural polysaccharide thickener, has demonstrated its unique clinical value in post-stroke dysphagia (PSD) intervention due to its unique shear-thinning properties. In this article, the rheological properties of xanthan gum and its effect on swallowing function are systematically reviewed, and its application value in PSD is discussed from three dimensions: improvement of swallowing dynamics, prevention of aspiration and pneumonia, and regulation of nutritional status. Combined with the research progress on novel xanthan gum-based materials and intelligent assessment technologies, the future directions for personalized thickening scheme design and multimodal combined intervention is proposed to provide new insights for PSD intervention strategies.

【Key words】 Xanthan gum; Thickener; Stroke; Dysphagia; Rheology; Inhalation accident; Pneumonia

收稿日期：2025-04-23
基金项目：黑龙江省重点研发计划（2022ZX06C24）
第一作者简介：魏翔宇，硕士研究生，研究方向：卒中后吞咽障碍，E-mail: 2844645114@qq.com

卒中后吞咽障碍（post-stroke dysphagia，PSD）是脑卒中患者急性期最常见的并发症之一，发病率高达 56.6%[1]。其病理机制在于卒中引发的神经损伤导致吞咽反射减弱或协调障碍[2]。此类患者因咽部肌肉协调性丧失，食物和液体等无法安全有效地从口腔传输至胃部，易导致误吸性肺炎、营养不良和脱水等严重后果，住院死亡率较无吞咽障碍患者显著升高[3-4]。研究显示，PSD 患者肺炎发生率是无 PSD 患者的 4.35 倍，死亡率是无 PSD 患者的 4.07 倍，同时营养不良会显著延长康复周期并降低功能预后[3, 5]。因此，保护性干预、个体化饮食调整和精准的营养补充是 PSD 管理的关键[6-7]。

目前临床实践中，食品增稠剂是 PSD 患者营养和摄食管理的常用干预措施。黄原胶作为一种天然的多糖类增稠剂，因其良好的黏度调节能力、稳定性以及安全性备受关注[8]。其独特的分子结构（由 *D*- 葡萄糖、*D*- 甘露糖和 *D*- 葡萄糖醛酸组成）赋予溶液典型的假塑性流体特征，在低剪切速率下维持较高黏度，而在吞咽时的高剪切速率下呈现剪切稀化特性，这种动态流变学效应既能延缓食团过早分散，又可降低吞咽阻力[9]。这种对食团结构和阻力的优化，使黄原胶能够精准调控其流变学行为，显著减缓吞咽过程中的流速，降低了误吸风险，同时提高了吞咽的安全性与效率。基于上述研究背景，本文系统分析黄原胶增稠剂的流变学特性及其对吞咽生物力学的影响，结合当前临床研究评估其在降低 PSD 患者误吸风险和改善咽期吞咽协调性中的效能，讨论新型黄原胶基材料（如复配增稠、干热改性）及智能化评估技术对吞咽安全性的提升作用，进而深入探讨这些技术相较传统方法的独特优势与差异价值，以期为吞咽障碍的精准干预提供理论支持和实践指导。

1 黄原胶增稠剂的流变学特性及其对吞咽生物力学的影响

1.1 黄原胶增稠剂的流变学特性

黄原胶的流变学特性可根据流体受力形式分为剪切流变学和拉伸流变学，其中剪切流变特性调控食团在口腔阶段的形变与流动，而拉伸流变特性则主导咽部快速收缩时的食团延展行为，二者协同作用决定了吞咽过程中食团的动态完整性[10]。研究发现，黄原胶增稠剂在剪切速率范围 10~1 000/s 之间展现出典型的剪切稀化行为，黏度呈幂律规律下降，确保其在不同吞咽阶段具备流动性适应性[11]。在口腔低剪切阶段（约 50/s），黄原胶溶液可维持较高表观黏度（200~1 600 mPa·s），有效延缓食团流动；而在咽部高剪切阶段（300/s），黏度显著下降至初始值的 30%~50%，这种动态流变特性既保证了吞咽安全性，又避免了咽部残留[12]。

目前研究主要集中于黄原胶增稠剂在剪切流变学中的行为，其拉伸流变学特性对吞咽障碍患者的影响机制尚未完全阐明。但多项研究表明，黄原胶特有的拉伸黏弹效应在维持食团内聚性、降低咽部残留方面展现出显著优势[13-15]。研究显示，在国际吞咽障碍饮食标准化倡议（The International Dysphagia Diet Standardisation Initiative，IDDSI）的一致性条件下，黄原胶增稠剂通常表现出比淀粉和瓜尔豆胶更高的拉伸黏度，这一特性使得黄原胶在拉伸过程中具有更强的抗断裂能力，其机制可能与分子链的动态重排和缠结效应相关[13]。Dong 等[14] 使用毛细管破裂伸长流变仪进行测试，结果显示黄原胶增稠剂在拉伸过程中表现出更高的黏度和更强的内聚性。Hadde 等[15]发现，黄原胶增稠剂（质量分数 2.4%）在相同剪切黏度下，其最大拉伸黏度显著高于改性淀粉（5.0%）增稠剂，这种高拉伸黏度能够有效抵抗吞咽过程中食团的拉伸形变，维持食团内聚性。相比之下，淀粉基增稠剂结合唾液中的 α- 淀粉酶会迅速水解，导致食团分裂风险增加[16]。因此，黄原胶的拉伸流变特性对吞咽安全至关重要，其高内聚性可减少咽部残留。尽管黄原胶的拉伸流变优势显著，但过度内聚可能增加患者吞咽阻力，需通过浓度调控平衡。当前研究对黄原胶拉伸黏度阈值与吞咽安全性（如误吸率、残留量）的定量关系尚未建立，未来研究需结合智能化评估技术，深入探究黄原胶流变参数与吞咽生理指标（如舌骨位移、咽通过时间）之间的精确关联，以指导个体化应用。

1.2 黄原胶增稠剂对吞咽生物力学的影响

黄原胶增稠剂作为治疗 PSD 的一种重要补偿手段，通过改变食团的流变学特性，影响吞咽的生物力学过程。研究表明，黄原胶增稠剂可通过调节舌腭压力模式改善吞咽功能，健康成年人在吞咽黄原胶增稠剂时舌腭压力振幅较稀薄液体增加 22%~34%，但压力值仍低于最大等长压力的 40%，提示其不会过度增加舌肌负荷，尤其适用于舌压减

弱的吞咽障碍患者群体[17]。Bolivar-Prados 等[18]针对 PSD 患者的视频透视吞咽造影（videofluoroscopic swallow study，VFSS）发现，黄原胶增稠剂（150~2 000 mPa·s）显著缩短喉前庭关闭时间，在 800 mPa·s 时喉前庭关闭时间较稀薄液体缩短 21%，同时降低食团速度，通过双重机制减少误吸风险，提高吞咽效率。这种流变调控作用使黄原胶特别适用于卒中后神经肌肉协调障碍患者。

尽管现有研究尚未表明黄原胶增稠剂与吞咽反射的神经调控有关联，但谢纯青等[19]发现黄原胶增稠剂达到特定黏度阈值可产生显著的生物力学刺激，促使软腭上抬帮助食物顺利通过咽喉，封闭喉口，从而有效地防止误吸和相关肺部并发症的发生。这提示黄原胶可能通过增强咽部肌群收缩间接改善神经肌肉协调性，而其协调性改善通常与吞咽反射的增强有关，由此可以推测黄原胶增稠剂可能通过刺激口腔和咽喉部的感觉神经，增强吞咽反射，从而提高吞咽的协调性和安全性。

2 黄原胶增稠剂在 PSD 中的应用

PSD 是由脑干或皮层吞咽中枢损伤引发，其病理特征表现为口腔期食团形成困难、咽期反射延迟及喉闭合不全，导致误吸风险显著升高[20]。为降低此风险，IDDSI 提供了一套基于流变学的饮食稠度分级标准，旨在通过规范食物质构（如黏度 0~4 级）来减少吞咽过程中的误吸事件[21]。通过在流质中添加不同浓度的黄原胶增稠剂可调节黏度，从而精准实现 IDDSI 推荐的黏度分级要求（如轻度稠型对应 IDDSI 2 级，浓稠对应 IDDSI 3 级）[22]。

2.1 黄原胶增稠剂在 PSD 应用中的临床优势

2.1.1 黄原胶增稠剂辅助吞咽障碍临床筛查评估

VFSS 作为一种广泛应用于评估吞咽障碍的影像技术，被认为是诊断和评估吞咽障碍的金标准[23]。在 VFSS 检查中，通过使用与实际饮食流体流变学特性匹配的增稠剂，可以确保检查结果能够准确反映患者在饮食过程中的吞咽能力。研究指出，结合对比剂（如硫酸钡或碘基对比剂）与黄原胶增稠剂的造影试剂，在各 IDDSI 稠度等级（0~7 级）均具备足够的密度、对比度及流变特性，在 VFSS 检查时能清晰呈现出造影剂的对比效果[24]。因此，根据 PSD 患者的吞咽障碍严重程度，可对应准备不同稠度的制剂，进一步实现个体化的吞咽功能评估。此外，这种精确的稠度梯度使临床医师为 PSD 患者提供更准确的诊断及后续干预策略。一项针对吞咽障碍患者（涵盖 PSD 等不同病因）的 VFSS 评估显示，使用黄原胶增稠剂后可以观察到患者的吞咽反应差异，从而为制定个体化的治疗方案提供依据[25]。同样，在容积 - 黏度吞咽测试（volume-viscosity swallow test，V-VST）等床边临床筛查评估中，通过精准制备不同黏度（如低、中、高等级）的测试液，黄原胶增稠剂被用于快速筛查吞咽障碍并优化食团特性[26]。与传统的淀粉基增稠剂相比，黄原胶在唾液 α- 淀粉酶环境下的稳定性更高，能有效避免检查过程中因酶解作用导致的黏度衰减，从而保证评估结果的可靠性。然而，目前仍缺乏黄原胶增稠剂参与 PSD 患者 VFSS 评估的标准化方案，特别是造影剂与黄原胶的最佳配比。未来研究需致力于建立基于流变学参数的 VFSS 标准化评估体系，推动经验性分级向精准定量化评估转变。同时，应探索黄原胶基造影剂在不同温度、不同口腔处理时间下的流变稳定性，以进一步提升 VFSS 评估的准确性。

2.1.2 黄原胶增稠剂改善患者误吸和肺炎

基于吞咽动力学的优化，黄原胶增稠剂通过调控食团流变特性可以改善 PSD 患者误吸和肺炎，显著提升吞咽安全性。Rofes 等[25]通过对患有吞咽障碍（包括 PSD）的患者进行 VFSS 检查发现，使用黄原胶增稠剂可使渗漏 - 误吸量表评分显著降低，患者在吞咽薄液体时的误吸率从 12.7% 降至 3.4%，而在中等黏度（果冻状）时误吸率进一步降低。一项临床随机对照试验进一步佐证了这一点，联合黄原胶增稠剂进行精准黏度适配的吞咽训练组，其鼻饲管拔除率高于常规训练组，且肺炎发生率降低[26]。其作用机制与改善吞咽协调性相关，黄原胶增稠后的流质能延长咽部通过时间，保持食团内聚性并减少吞咽后咽部残留。且黄原胶具有更好的唾液淀粉酶抵抗性，能够维持食团黏度稳定性，从而有效减少口咽部残留量，降低因残留物反流导致的隐匿性误吸风险[27]。此外，瓜尔豆胶虽属常用增稠剂，但其分子链在拉伸过程断裂时间显著缩短，远低于 PSD 患者咽期通过时长（0.5~1 s），易导致食团内聚性不足，增加误吸风险[28]。因此，黄原胶增稠剂成为 PSD 患者安全摄食的理想选择，尤其适合存在咽期延迟和喉闭合不全及长时间需要口腔处理（面临唾液酶解风险）的神经功能损伤患者。当前研究虽初步验证了黄原胶在改善吞咽动力学、降低误吸风险中

的有效性，但现有证据主要基于短期 VFSS 观察或短期临床结局指标，长期使用黄原胶增稠剂对误吸性肺炎预防效果尚缺乏大样本、多中心、长期随访的高级别循证医学证据。未来需要开展设计严谨的长期队列研究或随机对照试验，评估黄原胶长期应用中的成本效益以及对患者预后（如功能独立性、生活质量、死亡率）的影响。

2.1.3 黄原胶增稠剂维持患者营养状态

PSD 患者常因进食困难导致营养不良、脱水及代谢紊乱，严重影响康复进程[29]。根据欧洲临床营养与代谢学会（European Society for Clinical Nutrition and Metabolism，ESPEN）指南推荐，对于吞咽困难患者，应调整食物质地（包括增稠液体）以确保安全有效的口服营养摄入，这对预防营养不良和脱水至关重要[30]。孙彦君等[31]的研究显示，采用黄原胶增稠剂干预的 PSD 患者，治疗后体质量、白蛋白水平及肱三头肌皮褶厚度等营养指标改善，且黄原胶组患者美国国立卫生研究院卒中量表（National Institutes of Health Stroke Scale，NIHSS）评分下降更显著。这表明营养状态的改善可能通过正向代谢调节间接促进神经功能恢复，营养支持与神经康复存在协同效应。Sezgin 等[32]针对颌骨切除后吞咽障碍患者的研究显示，持续使用黄原胶增稠剂 3 个月的研究组，其细胞内、外水及总体水分指标均优于对照组，提示增稠剂通过改善吞咽安全性间接维持了患者的水合状态。在营养维持方面，生物电阻抗分析数据显示，使用增稠剂的研究组术后阻抗比低于对照组，该指标与血清白蛋白、肌酐等营养标志物具有相关性，表明增稠剂可能通过保障安全摄食维持营养代谢平衡。此外，有研究发现，黄原胶经肠道微生物代谢后分解为短链脂肪酸，在改善肠道健康的同时，通过优化肠道吸收效率为患者提供了超越物理增稠的附加营养价值[33]。这一发现对 PSD 患者尤为重要，因其吞咽困难常限制高纤维食物摄入，而膳食纤维缺乏可能导致肠道菌群失调及营养不良的恶性循环。临床实践中，含黄原胶增稠剂制备的饮品感官特性（如无淀粉异味、质地均匀）有助于提升患者依从性，从而保障营养摄入的持续性。基于此，开发兼顾流变学要求、营养均衡和感官接受度的黄原胶增稠剂有望成为 PSD 患者营养干预的新方向。

2.2 黄原胶增稠剂在 PSD 应用中的局限性

与此同时，黄原胶增稠剂在减少咽部残留方面可能存在局限性，尤其对中重度吞咽障碍患者。Yabe 等[34]发现中重度吞咽障碍患者使用胶凝剂调制的泥状饮食后，咽部残留评分显著低于使用黄原胶增稠剂者，而轻度患者组未见显著差异。黄原胶增稠剂在中重度患者中残留清除需更多次吞咽动作，提示其流变特性可能增加隐性误吸风险。因此，对于中重度吞咽障碍患者，黄原胶在咽部残留清除方面可能并非最优选择，未来研究需进一步优化黄原胶的流变参数及黏度范围，以验证其在不同吞咽障碍分级中的适用边界。

其次，黄原胶增稠剂在 PSD 患者中虽表现出良好的流变适应性，但在患者接受度与依从性方面仍存在矛盾。研究发现，相较于淀粉增稠剂，黄原胶增稠剂可能具有更好的口感和质地，因为它们通常不会像淀粉增稠剂那样留下颗粒感或淀粉味[35]。但一项针对黄原胶类与变性淀粉类增稠剂在 PSD 患者中喜好度和口感异味差异的分析指出，PSD 患者对变性淀粉类增稠剂的口感喜好度优于黄原胶类增稠剂，而健康人群认为黄原胶类增稠剂异味度较低[36]。这可能与脑卒中导致的口腔感觉功能减退有关，为了提高患者依从性，未来需开发风味增稠剂或复配增稠剂来改善适口性，同时对 PSD 患者进行心理宣教以减轻心理负担。此外，黄原胶增稠剂的成本效益比在长期应用背景下也需进一步优化，以确保其作为常规临床增稠剂的可行性。波兰的一项研究显示，使用黄原胶增稠剂管理 PSD 可降低吸入性肺炎发生率，在减少相关住院治疗费用的同时展现出显著的经济效益[37]。但现有研究对其长期疗效数据、个体化剂量需求及亚群疗效差异的评估仍不充分，可能影响结果的普适性。

3 新型黄原胶基增稠剂应用与智能化评估技术的探索

3.1 新型黄原胶基增稠剂的应用

近年来，基于黄原胶的复配增稠剂在 PSD 患者的治疗中展现出独特的优势。相较于传统配方，这类创新体系不仅在流变学性能上实现了优化，更通过分子结构精准调控提升了吞咽过程中的安全性。在流变性能调控方面，豌豆蛋白 - 黄原胶复配体系通过调控黄原胶的丙酮酸基团含量，可以显著改善其剪切稀化特性，不仅满足 IDDSI

4 级（细泥型）的稠度要求，还展现出优异的 3D 打印适应性，为开发个性化且质地可控的吞咽障碍食品提供了新思路[38]。而黄原胶与瓜尔豆胶以（5∶5）比例复配时，其刚性螺旋结构与瓜尔豆胶的甘露糖主链通过氢键交联，形成三维网状结构，既能在口腔低剪切（50/s）时维持足够黏度延缓食团流速，又能在高剪切（吞咽时）降低黏稠感，从而高度契合 PSD 患者安全吞咽的流变学要求[39]。

此外，多项临床研究证明了新型复配增稠剂在提升吞咽安全性方面的卓越表现。Ortega 等[40]研究显示，当混合黄原胶与改性淀粉的增稠剂黏度达到 1 000 mPa·s 时，对 PSD 患者吞咽安全改善率达 74.19%，较传统液体（<50 mPa·s）提升约 50%，且咽部残留率无显著增加。Yang 等[41]采用干热改性的黄原胶进行复配，临床吞咽造影显示其不仅显著降低患者误吸发生率，还能有效减少会厌及梨状窝残留量（降低 80% 以上）。综上所述，基于黄原胶的新型复配增稠剂凭借其可设计的流变特性与显著提升的吞咽安全性，已成为 PSD 患者安全摄食的理想选择，尤其适合存在咽期延迟和喉闭合不全的神经功能损伤患者，为改善其营养摄入途径和生活质量提供了重要技术支撑。

3.2 智能化评估技术的探索

传统吞咽功能评估主要依赖 IDDSI 框架，该标准主要以黏度为吞咽安全性的核心分级依据，虽为临床提供基础指导，但仅凭静态黏度指标难以全面反映食团在吞咽过程的动态流变学及安全性。近年来，结合增稠剂应用的智能化评估技术兴起，通过整合流变学、质构分析和数字化检测等手段，可对增稠流体的黏度、流变特性乃至整个吞咽过程进行更为客观、量化的评估[42]。Lin 等[43]基于吞咽生物力学构建了数字化模型，采用移动粒子技术模拟食团在咽期的流动轨迹、颗粒速度分布及剪切速率变化，研究显示 0.7% 黄原胶 - 魔芋葡甘聚糖复配体系能赋予食团高内聚力和适应黏度，在模拟吞咽过程中可有效抑制飞溅并显著减少残留。相较于传统试错法，智能化评估技术通过灵活调整参数，能够精准模拟不同程度吞咽功能障碍患者的生理特点，实现对吞咽过程动态可视化分析。虽然智能化评估技术的引入为吞咽障碍个性化干预提供了重要的量化工具，但目前相关模型的临床验证规模有限，且缺乏针对 PSD 患者的特异性模型参数。未来研究应针对 PSD 患者的模型参数进行优化，以推动其临床诊治由经验化向精准化转变。

4 结语与展望

黄原胶作为一种安全高效的天然增稠剂，在 PSD 患者的饮食管理中具有重要意义。基于现有研究和临床实践证据，为不同严重程度的 PSD 患者提出以下增稠剂选择建议：对于轻度 PSD 患者（以口腔期轻度延迟或咽期协调性轻度障碍为主），可优先选用黄原胶增稠剂，其剪切稀化特性可有效调控食团流速和内聚性，降低误吸风险，同时维持较好的口感接受度。对于中重度 PSD 患者（存在显著咽期延迟、喉闭合不全或咽部残留高风险），使用单一黄原胶增稠剂需谨慎。现有证据表明，此类患者使用黄原胶可能导致咽部残留增加及清除困难，存在隐性误吸风险，因此建议配合个体化的吞咽障碍治疗方案。在临床实践中，应结合 VFSS 检查和患者反馈动态调整黄原胶的浓度及流变参数，以确保患者依从性与安全性的平衡。

尽管黄原胶增稠剂在 PSD 的管理中展现出显著优势，其临床应用仍面临多重挑战。首先，黄原胶增稠剂在 PSD 中的流变学作用机制尚未完全阐明，本综述表明其通过改善吞咽动力学、误吸与肺炎，维持营养等途径在 PSD 患者的管理中发挥关键作用，但其在临床实际应用中可能具有双向作用。因此，针对 PSD 患者需结合更大样本量的临床试验和多种评估方法，明确其流变学行为与吞咽功能恢复之间的定量关系。其次，黄原胶增稠剂的标准化应用存在困难。一方面，不同品牌和批次的黄原胶，其浓度 - 黏度可能存在性能差异，无法做到精准调控，影响干预的一致性。另一方面，由于患者对其口感和质地耐受性存在个体差异，这也可能导致依从性下降。因此，推动黄原胶产品的标准化生产及优化配方设计以适应患者的多样化需求至关重要。

未来研究方向可从以下方面深入拓展：其一，黄原胶与其他增稠剂的复配技术展现出更高的应用潜力，不仅能弥补单一增稠剂的局限性，还能够调整流变特性以满足复杂病理环境下的患者需求。未来研究需要结合 VFSS、流体动力学模拟等工具，明确流变学参数与患者吞咽安全性指标之间的精准定量关系，以此为基础开发智能化、多功能的复配增稠剂。其二，开发基于黄原胶的高效、便携即食型增稠饮品或可溶颗粒剂，以方便

PSD患者在家庭康复中的使用，减少外部护理需求。其三，探索黄原胶增稠剂与其他疗法的协同作用。作为吞咽障碍康复的辅助制剂，黄原胶增稠剂可与神经肌肉电刺激、针灸及传统康复训练等协同应用，构成多模式联合干预方案，从而更全面地促进患者吞咽功能恢复。未来，在流变学机制探索、推进个性化管理、复配增稠剂优化及多疗法联合的基础上，黄原胶增稠剂有望为改善PSD患者预后和提高治疗质量提供新的方向，推动吞咽障碍管理领域的创新与发展。

利益冲突声明：本研究未受到企业、公司等第三方资助，不存在潜在利益冲突。

参 考 文 献

[1] JIANG Y, CHI Y, PAN R, et al. Advancing stroke patient care: a network meta-analysis of dysphagia screening efficacy and personalization[J]. Front Neurol, 2024, 15: 1380287. DOI: 10.3389/fneur.2024.1380287.

[2] SREEDHARAN S E, SAYED J V, VIPINA V P, et al. Dysphagia continues to impact recovery at one year after stroke-an observational study[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2022, 31(8): 106545. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106545.

[3] JONES C A, COLLETTI C M, DING M C. Post-stroke dysphagia: recent insights and unanswered questions[J]. Curr Neurol Neurosci Rep, 2020, 20(12): 61. DOI: 10.1007/s11910-020-01081-z.

[4] LABEIT B, MICHOU E, HAMDY S, et al. The assessment of dysphagia after stroke: state of the art and future directions[J]. Lancet Neurol, 2023, 22(9): 858-870. DOI: 10.1016/S1474-4422(23)00153-9.

[5] HE Y, TAN X, KANG H, et al. Research trends and hotspots of post-stroke dysphagia rehabilitation: a bibliometric study and visualization analysis[J]. Front Neurol, 2023, 14: 1279452. DOI: 10.3389/fneur.2023.1279452.

[6] LABEIT B, MICHOU E, TRAPL-GRUNDSCHOBER M, et al. Dysphagia after stroke: research advances in treatment interventions[J]. Lancet Neurol, 2024, 23(4): 418-428. DOI: 10.1016/S1474-4422(24)00053-X.

[7] 余文娟, 郑红建, 余双娟, 等. 脑卒中后吞咽障碍患者PG-SGA评分与不良预后风险的相关性[J]. 中华全科医学, 2024, 22(4): 586-588, 681. DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.003456.
YU W J, ZHENG H J, YU S J, et al. Association between PG-SGA scores and the risk of poor outcomes in stroke patients with dysphagia[J]. Chin J Gen Pract, 2024, 22(4): 586-588, 681. DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.003456.

[8] BHAT I M, WANI S M, AHMAD MIR S, et al. Advances in xanthan gum production, modifications and its applications[J]. Biocatal Agric Biotechnol, 2022, 42: 102328. DOI: 10.1016/j.bcab.2022.102328.

[9] CHAROENSRI P, ASPINALL S, LIU F, et al. Rheological, textural, and swallowing characteristics of xanthan gum-modified Riceberry porridge for patients with dysphagia[J]. J Texture Stud, 2024, 55(4): e12853. DOI: 10.1111/jtxs.12853.

[10] HADDE E K, NICHOLSON T M, CICHERO J Y. Evaluation of thickened fluids used in dysphagia management using extensional rheology[J]. Dysphagia, 2020, 35(2): 242-252. DOI: 10.1007/s00455-019-10012-1.

[11] CANCELLA M J, CERQUEIRA A F L W, DA COSTA TEODORO L, et al. Xanthan gum produced from milk permeate and deproteinized cheese whey: a comparative analysis with commercial xanthan gums[J]. Biocatal Agric Biotechnol, 2024, 56: 103053. DOI: 10.1016/j.bcab.2024.103053.

[12] BOLIVAR-PRADOS M, HAYAKAWA Y, TOMSEN N, et al. Shear-viscosity-dependent effect of a gum-based thickening product on the safety of swallowing in older patients with severe oropharyngeal dysphagia[J]. Nutrients, 2023, 15(14): 3279. DOI: 10.3390/nu15143279.

[13] GAMONPILAS C, KONGJAROEN A, METHACANON P. The importance of shear and extensional rheology and tribology as the design tools for developing food thickeners for dysphagia management[J]. Food Hydrocoll, 2023, 140: 108603. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108603.

[14] DONG Y, LAN T, LIU Z, et al. Shear, extensional rheology, and tribology of polysaccharide-thickened soy protein-based liquid systems for dysphagia management[J]. Food Chem, 2025, 463(Pt 1): 141145. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141145.

[15] HADDE E K, CHEN J. Shear and extensional rheological characterization of thickened fluid for dysphagia management[J]. J Food Eng, 2019, 245: 18-23. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.10.007.

[16] LAVOISIER A, BOUDRAG S, RAMAIOLI M. Effect of α-amylase and pH on the rheological properties of thickened liquids containing starch in in vitro conditions relevant to oral processing and swallowing[J]. J Texture Stud, 2022, 53(4): 550-557. DOI: 10.1111/jtxs.12693.

[17] STEELE C M, MOLFENTER S M, PÉLADEAU-PIGEON M, et al. Variations in tongue-palate swallowing pressures when swallowing xanthan gum-thickened liquids[J]. Dysphagia, 2014, 29(6): 678-684. DOI: 10.1007/s00455-014-9561-6.

[18] BOLIVAR-PRADOS M, ROFES L, ARREOLA V, et al. Effect of a gum-based thickener on the safety of swallowing in patients with poststroke oropharyngeal dysphagia[J]. Neurogastroenterol Motil, 2019, 31(11): e13695. DOI: 10.1111/nmo.13695.

[19] 谢纯青, 张耀文, 张科, 等. 不同增稠剂对口咽期吞咽障碍患者渗漏误吸的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(3): 283-287. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2020.03.006.
XIE C Q, ZHANG Y W, ZHANG K, et al. Effects of different kinds of thickener on penetration and aspiration in patients with oropharyngeal dysphagia[J]. Chin J Rehabil Med, 2020,

35（3）：283-287. DOI：10.3969/j.issn.1001-1242.2020.03.006.

[20] WANG Z，SHI R，MOREIRA P. Post-stroke dysphagia：identifying the evidence missing[J]. Front Med（Lausanne），2025，12：1494645. DOI：10.3389/fmed.2025.1494645.

[21] DETOPOULOU P，GRAMMATIKOPOULOU M G，LYTRA E，et al. Determination of the international dysphagia diet standardization initiative level of commercially available oral nutritional supplements[J]. Clin Nutr ESPEN，2025，67：404-409. DOI：10.1016/j.clnesp.2025.03.022.

[22] VERGARA J，TEIXEIRA H S，DE SOUZA C M，et al. Flow test by the International Dysphagia Diet Standardization Initiative reveals distinct viscosity parameters of three thickening agents[J]. J Food Sci Technol，2022，59（9）：3627-3633. DOI：10.1007/s13197-022-05369-5.

[23] CUBERO L，TESSIER C，CASTELLI J，et al. Automated dysphagia characterization in head and neck cancer patients using videofluoroscopic swallowing studies[J]. Comput Biol Med，2025，187：109759. DOI：10.1016/j.compbiomed.2025.109759.

[24] IHRKE M，BECK A，MÜRBE D，et al. IDDSI-compliant recipes containing oral contrast agents for radiological dysphagia diagnostics[J]. J Texture Stud，2024，55（2）：e12833. DOI：10.1111/jtxs.12833.

[25] ROFES L，ARREOLA V，MUKHERJEE R，et al. The effects of a xanthan gum-based thickener on the swallowing function of patients with dysphagia[J]. Aliment Pharmacol Ther，2014，39（10）：1169-1179. DOI：10.1111/apt.12696.

[26] WANG Y，ZHANG J，ZHU H M，et al. The therapeutic effect of swallow training with a xanthan gum-based thickener in addition to classical dysphagia therapy in Chinese patients with post-stroke oropharyngeal dysphagia：a randomized controlled study[J]. Ann Indian Acad Neurol，2023，26（5）：742-748. DOI：10.4103/aian.aian_139_23.

[27] VILARDELL N，ROFES L，ARREOLA V，et al. A comparative study between modified starch and xanthan gum thickeners in post-stroke oropharyngeal dysphagia[J]. Dysphagia，2016，31（2）：169-179. DOI：10.1007/s00455-015-9672-8.

[28] KONGJAROEN A，METHACANON P，GAMONPILAS C. On the assessment of shear and extensional rheology of thickened liquids from commercial gum-based thickeners used in dysphagia management[J]. J Food Eng，2022，316：110820. DOI：10.1016/j.jfoodeng.2021.110820.

[29] 何国军，杜亚辉. 综合营养干预对脑卒中后吞咽障碍患者营养状况及生活质量的影响[J]. 中国慢性病预防与控制，2019，27（8）：620-623. DOI：10.16386/j.cjpccd.issn.1004-6194.2019.08.016.
HE G J，DU Y H. Effect of comprehensive nutrition intervention on nutritional status and quality of life of patients with dysphagia after stroke[J]. Chin J Prev Control Chronic Dis，2019，27(8)：620-623. DOI：10.16386/j.cjpccd.issn.1004-6194.2019.08.016.

[30] VOLKERT D，BECK A M，CEDERHOLM T，et al. ESPEN guideline on clinical nutrition and hydration in geriatrics[J]. Clin Nutr，2019，38（1）：10-47. DOI：10.1016/j.clnu.2018.05.024.

[31] 孙彦君，张静，乔冉冉，等. 黄原胶类增稠剂对老年脑卒中后吞咽功能障碍的临床研究[J]. 中华保健医学杂志，2021，23（4）：362-365.DOI：10.3969/j.issn.1674-3245.2021.04.013.
SUN Y J，ZHANG J，QIAO R R，et al. Clinical study of xanthan gum thickener on dysphagia after stroke in elderly patients[J]. Chin J Health Care Med，2021，23（4）：362-365.DOI：10.3969/j.issn.1674-3245.2021.04.013.

[32] SEZGIN B，DURUSOY D，DEMIRCI M S，et al. The effect of “xanthan gum-based fluid thickener” on hydration，swallowing functions and nutritional status in total maxillectomy patients[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol，2018，275（12）：2997-3005. DOI：10.1007/s00405-018-5167-1.

[33] OSTROWSKI M P，LA ROSA S L，KUNATH B J，et al. Mechanistic insights into consumption of the food additive xanthan gum by the human gut microbiota[J]. Nat Microbiol，2022，7（4）：556-569. DOI：10.1038/s41564-022-01093-0.

[34] YABE K，KUDO T，HORIUCHI I，et al. Pharyngeal residues following swallowing of pureed diets thickened with a gelling agent or a xanthan gum-based thickener in elderly patients with dysphagia[J]. Dysphagia，2025，40（2）：363-370. DOI：10.1007/s00455-024-10734-x.

[35] PEÑALVA-ARIGITA A，LECHA M，SANSANO A，et al. Adherence to commercial food thickener in patients with oropharyngeal dysphagia[J]. BMC Geriatr，2024，24（1）：67. DOI：10.1186/s12877-023-04589-4.

[36] 许自阳，兰钰洁，唐志明，等. 黄原胶类与变性淀粉类增稠剂在脑卒中吞咽障碍患者及健康人群中喜好度和口感异味差异分析[J]. 中华物理医学与康复杂志，2020，42（12）：1110-1112.DOI：10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.12.014.
XU Z Y，LAN Y J，TANG Z M，et al. Analysis of the differences in preference and taste off-flavour between xanthan gum-based and modified starch-based thickeners in stroke patients with dysphagia and healthy people[J]. Chin J Physic Med Rehabil，2020，42（12）：1110-1112.DOI：10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.12.014.

[37] PELCZARSKA A，JAKUBCZYK M，NIEWADA M. The cost-effectiveness of food consistency modification with xanthan gum-based Nutilis Clear® in patients with post-stroke dysphagia in Poland[J]. BMC Health Serv Res，2020，20（1）：552. DOI：10.1186/s12913-020-05411-2.

[38] LIU Z，CHEN X，RUAN M，et al. 3D printed dysphagia diet using pea protein gel modified by xanthan gum with different pyruvate group content[J]. Food Chem X，2025，25：102121. DOI：10.1016/j.fochx.2024.102121.

[39] 颜准，谭荣华，艾连中，等. 溶液环境对吞咽障碍食品胶基增稠剂流变学性质的影响[J]. 食品与发酵工业，2022，48（19）：99-107. DOI：10.13995/j.cnki.11-1802/ts.028800.
YAN Z，TAN R H，AI L Z，et al. The effect of solution environment on the rheological properties of gum-based thickener for dysphagia[J]. Food Ferment Ind，2022，48（19）：99-107. DOI：10.13995/j.cnki.11-1802/ts.028800.

[40] ORTEGA O，BOLÍVAR-PRADOS M，ARREOLA V，et al. Therapeutic effect，rheological properties and α-amylase

resistance of a new mixed starch and xanthan gum thickener on four different phenotypes of patients with oropharyngeal dysphagia[J]. Nutrients, 2020, 12(6): 1873. DOI: 10.3390/nu12061873.

[41] YANG H, LIN Y. Effect of thermal processing on flow properties and stability of thickened fluid matrices formulated by tapioca starch, hydroxyl distarch phosphate(E-1442), and xanthan gum associating dysphagia-friendly potential[J]. Polymers(Basel), 2021, 13(1): 162. DOI: 10.3390/polym13010162.

[42] WANG K, CHENG Z, QIAO D, et al. Polysaccharide-dextrin thickened fluids for individuals with dysphagia: recent advances in flow behaviors and swallowing assessment methods[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2025, 65(12): 2236-2260. DOI: 10.1080/10408398.2024.2330711.

[43] LIN Z, LIU S, QIAO D, et al. The possibility of the computer simulation-assisted IDDSI framework for the development of thickened brown rice paste[J]. Food Chem, 2025, 463(Pt 4): 141473. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141473.

(责任编辑：郑巧兰)