

基于食品物理学的老年饮食能力评价与膳食质构等级评测

陈建设 陈勇

浙江工商大学食品与生物工程学院食品口腔加工实验室,杭州 310018

通信作者:陈勇,Email:chenyong@zjgsu.edu.cn

【摘要】 随着全球人口老龄化的不断增长,老年人群饮食能力与饮食安全问题日趋凸显。衰老伴随着饮食能力的退化,甚至吞咽障碍的发生,严重影响老年人的饮食和健康。针对我国老年人群的饮食能力与膳食结构,设计适合不同饮食能力人群的特殊食品是食品工业面临的新难题。本文依据口腔生理学和食品物理学原理,着重阐述老年人饮食能力及其评价方法,阐明饮食能力与食品质构的关系,总结饮食障碍者膳食等级划分的质构学依据。

【关键词】 食品质构; 特殊食品; 饮食能力; 老年人群; 吞咽障碍

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.12.016

人口老龄化已成为全球性的社会问题,根据《2018 年中国统计年鉴》的统计数据显示(近 10 年我国 65 岁及以上人口年增长数,见图 1),截止到 2018 年我国 65 岁以上老年人口达 1.6 亿,占中国总人口比重近 11.9%,属严重老龄化。《“健康中国 2030”规划纲要》中突出强调了解决好老年人的健康问题。老年人在衰老过程中,伴随着身体机能的退化,如视力、听力、吞咽、运动和认知功能等方面的受损^[1]。因而,如何设计制造健康可口的食品以应对老年人的饮食能力衰退和吞咽障碍是食品工业面临的新难题。2015 年 Laguna 和 Chen 首次提出饮食能力(eating capability)的概念,用以量化老年个体对食物的食用能力,包括食品体外操控、口腔加工、感官以及认知的能力^[2]。饮食能力衰退过程带来的饮食风险(主要是呛咳、梗塞窒息)和饮食障碍严重影响老年人的生活质量和身心健康,因此合理评价老年人的饮食能力并提出指导性饮食建议,为老年人(尤其是阿尔兹海默症、帕金森病和吞咽障碍患者)的进食安全提供有效保障。

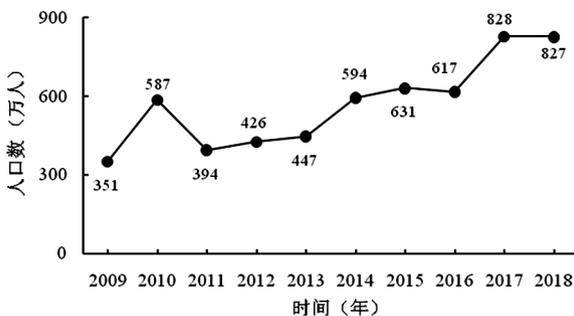


图 1 近 10 年我国 65 岁及以上人口年增长数

老年人饮食能力退化与吞咽障碍

一、食品体外操控

食品体外操控可被定义为进食者以一种协调的方式,对食物施加适当的力量,打开包装,并将食物送入口腔的能力^[2],主要包括处理食品包装的能力、处理盘中食物或操纵餐具的能力以及提送食物的能力。然而,老年人在衰老过程中伴随着身体

和生理功能退化,会出现手抖、拿不稳、不灵活等现象。澳大利亚的一项关于老年人食品包装打开能力的调查结果表明,10%的受访者无法打开水杯,40%的受访者存在水杯打开困难^[3]。

二、口腔加工能力

口腔加工不仅是进食过程的主要环节,也是食品消化过程的开始,且伴随着食品的口感和风味的鉴赏和享受过程^[4]。老年人口腔加工能力的退化,直接表现为咀嚼障碍和唾液分泌能力的减弱。咀嚼障碍是影响口腔加工能力的内在因素,主要涉及口腔和面部肌肉的生理机能以及牙齿状况。唾液分泌能力在食品口腔加工过程的作用常被忽略,然而唾液不仅是该过程中的必需成分,也是食品风味传递释放的必要中间媒介,也是润滑食品颗粒形成食团及促进吞咽顺利进行的重要保障。

三、感官能力

人的大脑会对刺激物作出反应,并启动和指导食物的选择和消费^[5]。老年人群普遍遭受着不同程度的感官能力下降所带来的饮食问题。食品感官科学是基于中枢神经系统的 5 个感知属性(视觉、听觉、嗅觉、触觉、味觉)评价消费者对不同食物的饮食偏好和饮食行为。当这些感知属性的感知能力受到生理因素(如衰老)、病理状态(如脑卒中)或病理治疗(如化疗)的阻碍时,感官能力的扭曲和丧失会极大地影响消费者对食物的享受和食欲以及整体食物摄入量,从而导致老年人的营养不良^[6]。

四、饮食认知能力

饮食认知能力主要指的是人们在进食过程中做出一系列与进食有关的决定,并协调完成大脑传达的相应指令,这需要适当的脑力和能力来获取信息、处理信息、形成意见、决策和协调行动。健康人群能够做出合理的饮食决策,且形成良好的饮食方式和习惯,然而对于特殊人群(精神障碍患者、帕金森病患者)难以做出正确的饮食决策或完成饮食过程中的口腔协调行动。研究表明,认知能力训练能够改善帕金森病患者的吞咽能力^[7]。

五、吞咽能力与障碍

吞咽是一个非常复杂的过程,需要 6 对颅神经、多个肌肉群,以及大脑皮质和皮质下的大脑信号,且这些信号必须在极

短的时间内精确协调^[8]。吞咽障碍普遍存在于老年人群、智障、脑卒中和许多术后康复患者,且严重影响患者的健康和生活质量。根据吞咽困难发生的阶段,可分为口腔、咽部及食管吞咽困难,然而吞咽障碍患者常常在多个阶段同时出现障碍。这些吞咽生理障碍可导致呛咳,甚至吸入性肺炎,使患者遭受吞咽风险。目前,临床上对吞咽障碍患者的治疗手段尚需规范化,护士或治疗师通常采用冷刺激法强化吞咽功能^[9]。最新的临床研究表明,辅以口腔神经肌肉训练装置能够有效加强感官刺激和面部、口腔和咽肌,可作为一项有效的吞咽康复方法^[10]。

饮食能力评价方法

一、手操作能力

用手操作食物的能力主要涉及足够的力量和完成动作的协调性两方面内容,这 2 个内容是相互联系、相互影响的。例如,要打开一个包装,首先要有足够的手部灵活性(或协调性),其次要有足够的力量来打开封口。手操作能力可通过多种测量方法和设备进行评价,握力计测定法是最简单的方法之一。Laguna 等^[11]研究对比了英国和西班牙的健康老年人(203 例受试者)的右手握力,结果表明,尽管年龄对握力的减弱有影响,但只有 80 岁以上的参与者握力的减弱最为显著。

二、嘴唇闭合能力

嘴唇闭合在各种口腔活动中起着重要的作用,能帮助食物留在口腔内,防止食物在口腔加工过程的外泄。吞咽时,恰当的嘴唇闭合有助于口腔内压力升高,从而助力吞咽。在唇裂手术^[12]和正颌外科手术^[13]后患者的临床研究表明,嘴唇闭合能力可以通过压力分布传感器测定两片嘴唇闭合时的力量大小来衡量。Sugano 等^[14]采用肌电仪收集电信号的方式评价嘴唇闭合能力,是一种新型的评估唇功能或在老人院护理中基础数据收集的有效工具。

三、咬合力

咬合力是决定咀嚼系统功能状态的重要变量。虽然咬合力与咀嚼能力的下降没有直接关系,但由于牙齿的缺失或唾液分泌量的下降,咬合力间接影响食品口腔加工过程^[15]。陈建设等^[11]用 2 个硅胶圆盘(直径 1.5 cm,厚度 0.3 cm)夹住力学传感器,受试者用门牙咬住弹性传感器并保持几秒钟,万用表能够记录咬合过程的最小电阻,从而实现咬合力的量化。

四、舌肌力

舌肌力量反映了人对食物的口腔处理和操作能力^[16]。吞咽前的口腔准备阶段,舌把食物压在上颚上,再把食物挤进咽部,然后通过咽壁的收缩把食物推入食管。因此,舌压是舌肌强度的一个重要指标。Hara 等^[17]用配有塑料导管和气球的舌压测量装置(日本 JMS 公司)研究了年龄和最大咬合力与舌压的关系,结果表明最大咬合力的退化可能与舌肌强度随年龄下降有关。Wang 等^[18]用 IOPI 口腔能力测试仪对 26 例老年吞咽障碍患者进行舌肌力和咬合力测定,结果表明最大舌压和最大咬合力可作为评价老年吞咽困难患者吞咽能力的可行性指标。

五、口面部肌肉能力

肌电图是监测各种面部肌肉(尤其是与咀嚼相关的肌肉)活动和强度的最常用方法。肌电图能够记录目标面肌的生物电信号,如下颌骨提升肌(咬肌和颞肌)和下颌骨下压肌(二腹肌)。二腹肌生物电信号指示咀嚼周期开口阶段的信息,咬肌

和颞肌生物电信号则是咀嚼周期结束阶段的信息,通过分析咀嚼过程中产生的肌电信号,可以评估咀嚼肌的活动和不同质地食物的咀嚼行为特征。

老年人安全饮食的食品物理学依据

一、食品黏度

黏度是流体食物最重要的质构属性,微观上可描述为流体分子间摩擦力的相互作用,直观上可表示一个流体材料抵抗变形流动的能力。食品黏度与老年人安全饮食密切相关,尤其是对吞咽障碍患者,合理调整食品黏度能够有效降低吞咽患者的呛咳和吸入性肺炎风险。增稠水和增稠奶是用于治疗吞咽困难的 2 种典型的增稠液体。然而,由于缺乏对增稠液体流变特性的认识和科学的增稠指南,临床实践中仍难以确定最佳的增稠程度^[19]。

二、食品硬度

硬度是指食物在第一口被咬时达到一定变形所必需的力量^[20]。食品硬度与吞咽时食团颗粒大小之间存在一定的关系,食团颗粒大小随着食品硬度的增加而减小^[21]。Okubo 等^[22]研究了 635 例日本社区居民(69~71 岁)膳食结构的硬度与认知功能的关系,发现较高的膳食硬度可能对日本老年人的认知功能有益。Park 等^[23]比较了青年与老年人对不同硬度大米的咀嚼和吞咽能力差异,相关性分析结果表明,咀嚼次数与咀嚼时间显著相关,且咀嚼次数与咀嚼时间均随着硬度的增加而增加。

三、食品粘附性

食品在口腔加工过程中,测量食品与口腔内表面的粘附性对于评估食用感觉和避免口腔操控困难具有重要意义。过高的食物粘附性容易导致食物颗粒在口腔表面的粘附,从而导致吞咽困难。由于老年人的身体机能衰退,其饮食能力也会有一定下降,因此老年人不适宜吃粘附性过高的食物^[24]。van Eck 等^[25]探讨了不同载体配料的组合方案对食品口腔加工行为及动态感官知觉的影响,发现粘附性较高的食品需要更长的咀嚼次数和增加肌肉活动以将其从口腔表面去除,从而增加咀嚼时间。

四、食品内聚性

内聚性反映的是咀嚼食物时食物抵抗受损并紧密连接,使食物保持完整的性质,与食物的流动性有密切关系^[26]。虽然内聚性是个典型的材料学特性,但是其准确的物理学定义尚不清楚,已有的内聚性测定仪器和方法尚不能准确反映食品的内聚性^[27]。缺乏内聚性的食团在吞咽过程中很容易产生碎粒,从而在咽喉过程产生食物残留,而引起呛咳。内聚性过强的食团,不易拉伸变形,吞咽时不易通过咽部,会给吞咽患者带来吞咽风险^[28]。

食品质构与饮食障碍者膳食等级

食品质构性质主要包括食品结构和表面性质。1963 年现代食品质构学的奠基人 Szczesniak^[29]首次提出食品的质构性质可被分为三大类(机构特性、几何特性、其他特征)以及三个层级(初级参数、二级参数、通常用语)。然而,针对不同形态或不同种类的食品(如流体食品、半固体食品、固体食品),其所关注

的食品质构性质不尽相同,其饮食过程的口腔策略不同,所伴随的吞咽风险也大不相同。尽管许多国家制订了特殊食品的质构标准,但由于不同国家质构标准和膳食结构的差异,难以适合全球化背景下的食品流通,更给跨国食品企业的特殊食品生产造成很大的麻烦。鉴于此,国际吞咽障碍者膳食标准行动委员会(International Dysphagia Diet Standardization Initiative, IDDSI)整合了各国特殊食品质构标准的优缺点,于 2016 年制订并公布了首个适用于吞咽障碍者的特殊食品的国际质构标准(简称 IDDSI 国际标准),且该标准经过 3 年多的全球实践与推广, IDDSI 于最近推出了 IDDSI 质构框架 2.0 版(图 2)^[30]。

固体食品的结构和颗粒大小能够避免进食过程的窒息危险。

结语

本文归纳总结了老年人群饮食能力退化的 4 个主要方面以及饮食能力评价方法,从食品物理学角度,讨论了饮食能力差异与食品质构的关系,并根据 IDDSI 国际标准阐述了饮食障碍者膳食等级划分的质构学依据及其测试方法,为食品研发人员设计老年及吞咽障碍患者特殊食品提供了一份相对完整、可参考的食品物理学依据。

随着我国人口老龄化的不断增长,老年人的饮食安全问题是最大的民生问题之一。老年特殊食品不仅要满足基本的营养需求,更重要的是要提高老年人的饮食愉悦感。目前,我国老年特殊食品的研究仍处于起步阶段,还存在许多亟待解决的难题。近年来,浙江工商大学食品口腔加工实验室在老年特殊食品的研究领域开展了一系列基础研究,也获得了不少有价值的成果,但仍需更多的食品领域专家、从事吞咽障碍临床工作的专业人员一同加入老年特殊食品的研究,为提高我国老年人的生活质量做出贡献。

参考文献

- [1] Drenth-van Maanen ACC, Wilting I, Jansen PPAF. Prescribing medicines to older people - How to consider the impact of ageing on human organ and body functions [J]. Br J Clin Pharmacol, 2019, (In press). DOI:10.1111/bcp.14094.
- [2] Laguna L, Chen J. The eating capability: Constituents and assessments [J]. Food Qual Prefer, 2016, 48:345-358. DOI:10.1016/j.foodqual.2015.03.008.
- [3] Bell AF, Walton KL, Tapsell LC. Easy to open? Exploring the "openability" of hospital food and beverage packaging by older adults [J]. Appetite, 2016, 98:125-132. DOI:10.1016/j.appet.2015.12.004.
- [4] Chen J. Food oral processing—A review [J]. Food Hydrocolloid, 2009, 23(1):1-25. DOI:10.1016/j.foodhyd.2007.11.013.
- [5] Murphy C, Vertrees R. Sensory functioning in older adults: relevance for food preference [J]. Curr Opin Food Sci, 2017, 15:56-60. DOI:10.1016/j.cofs.2017.05.004.
- [6] Field K, Duizer LM. Food sensory properties and the older adult [J]. J Texture Stud, 2016, 47(4):266-276. DOI:10.1111/jtxs.12197.
- [7] Sato H, Yamamoto T, Sato M, et al. Dysphagia causes symptom fluctuations after oral L-DOPA treatment in a patient with Parkinson disease [J]. Case Rep Neurol, 2018, 10(1):101-107. DOI:10.1159/000488138.
- [8] Christmas C, Rogus-Pulia N. Swallowing disorders in the older population [J]. J Am Geriatr Soc, 2019, 20:1-7. DOI:10.1111/jgs.16137.
- [9] 方丽波,王拥军.脑卒中后吞咽困难的康复及治疗 [J].中国康复理论与实践, 2005, 11(5):404-405. DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2005.05.043.
- [10] Hägglund P, Hägg M, Wester P, et al. Effects of oral neuromuscular training on swallowing dysfunction among older people in intermediate care—a cluster randomised, controlled trial [J]. Age Ageing, 2019, 48(4):533-540. DOI:10.1093/ageing/afz042.
- [11] Laguna L, Sarkar A, Artigas G, et al. A quantitative assessment of the eating capability in the elderly individuals [J]. Physiol Behav, 2015,



图 2 IDDSI 框架 2.0 版

一、流体食品

黏度是流体食品(饮品)的重要质构性质,黏度较高的饮品在降低渗透或误吸风险的同时,也增加了吞咽后咽部残留的风险。根据目前的研究,仍无法确定不同吞咽障碍者最合适的黏度分界点,也缺乏其他可量化的物质属性用于临床分析与诊断。IDDSI 国际相关组织调查显示,稀薄饮品和 3 个级别稠度饮品的质构等级设计是处理不同年龄、不同吞咽障碍严重程度的有效方法。IDDSI 流动测试法是测定饮品流质属性的简单且可靠的方法,该方法通过一个 10 mL 注射器来客观实际地测量流速,从而划分饮品的等级。

二、软食品

软食品指的是在口腔加工过程中主要被挤在舌和上颚之间,几乎不要咀嚼或对咀嚼次数、咀嚼时间以及肌力的要求较低的食品。IDDSI 标准对软食品的界定分为细泥型、细陷型、软质型(或称一口量)三个级别。软食品质地等级测试方法主要采用餐叉滴落测试(IDDSI 3 级和 4 级)与勺子侧倾测试(IDDSI 4 级和 5 级)。IDDSI 国际相关组织调查显示,通过常规食物结合 4~5 级质地变化来处理各年龄层吞咽问题的方法已得到广泛应用。

三、固体食品

固体食品具有硬、稠、难嚼、纤维化、多筋、干燥、酥脆等特性,对食用者的口腔处理能力和吞咽能力的要求较高。在口腔准备期,咀嚼后的食物残渣偶尔会聚集在咽部(通常为会厌谷)。正因如此,进食需咀嚼的食物存在呛咳的风险。固体食品的测试方法主要通过餐叉压力测试和勺子压力测试,食物结构和颗粒大小的评估主要通过叉子来评估。由于不同年龄人对固体食物的安全吞咽颗粒尺寸要求差别较大,因此正确评估

- 147;274-281. DOI:10.1016/j.physbeh.2015.04.052.
- [12] Trotman CA, Barlow SM, Faraway JJ. Functional outcomes of cleft lip surgery. Part III; measurement of lip forces[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2007, 44(6):617-623. DOI:10.1597/06-138.1.
- [13] Umemori M, Sugawara J, Kawauchi M, et al. A pressure-distribution sensor (PDS) for evaluation of lip functions[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1996, 109(5):473-480. DOI:10.1016/S0889-5406(96)70131-2.
- [14] Sugano A, Ofusa W, Sugito H, et al. Development of a novel composite sensor for evaluating lip function[J]. *J Oral Rehabil*, 2019, 46(10):920-926. DOI:10.1111/joor.12825.
- [15] Ikebe K, Matsuda K, Kagawa R, et al. Association of masticatory performance with age, gender, number of teeth, occlusal force and salivary flow in Japanese older adults: is ageing a risk factor for masticatory dysfunction[J]. *Arch Oral Biol*, 2011, 56(10):991-996. DOI:10.1016/j.archoralbio.2011.03.019.
- [16] Alsanei WA, Chen J, Ding R. Food oral breaking and the determining role of tongue muscle strength[J]. *Food Res Int*, 2015, 67:331-337. DOI:10.1016/j.foodres.2014.11.039.
- [17] Hara K, Tohara H, Kenichiro K, et al. Association between tongue muscle strength and masticatory muscle strength[J]. *J Oral Rehabil*, 2019, 46(2):134-139. DOI:10.1111/joor.12737.
- [18] Wang XM, Zheng GY, Su MS, et al. Biting force and tongue muscle strength as useful indicators for eating and swallowing capability assessment among elderly patients[J]. *Food Sci Human Wellness*, 2019, 8(2):149-155. DOI:10.1016/j.fshw.2019.03.009.
- [19] Zhong L, Hadde EK, Zhou ZG, et al. Sensory discrimination of the viscosity of thickened liquids for dysphagia management[J]. *J Sens Stud*, 2018, 33(6):e12464. DOI:10.1111/joss.12464.
- [20] Sungsinchai S, Niamnuy C, Wattanapan P, et al. Texture modification technologies and their opportunities for the production of dysphagia foods: a review[J]. *Compr Rev Food Sci F*, 2019. DOI:10.1111/1541-4337.12495.
- [21] Chen J, Khandelwal N, Liu Z, et al. Influences of food hardness on the particle size distribution of food boluses[J]. *Arch Oral Biol*, 2013, 58(3):293-298. DOI:10.1016/j.archoralbio.2012.10.014.
- [22] Okubo H, Murakami K, Inagaki H, et al. Hardness of the habitual diet and its relationship with cognitive function among 70-year-old Japanese elderly: Findings from the SONIC Study[J]. *J Oral Rehabil*, 2019, 46(2):151-160. DOI:10.1111/joor.12731.
- [23] Park HS, Kim DK, Lee SY, et al. The effect of aging on mastication and swallowing parameters according to the hardness change of solid food[J]. *J Texture Stud*, 2017, 48(5):362-369. DOI:10.1111/jtxs.12249.
- [24] Fujita S, Kumagai T, Yanagimachi M, et al. Waxy wheat as a functional food for human consumption[J]. *J Cereal Sci*, 2012, 55(3):361-365. DOI:10.1016/j.jcs.2012.01.008.
- [25] van Eck A, Hardeman N, Karatza N, et al. Oral processing behavior and dynamic sensory perception of composite foods: Toppings assist saliva in bolus formation[J]. *Food Qual Prefer*, 2019, 71:497-509. DOI:10.1016/j.foodqual.2018.05.009.
- [26] Juliano P, Barbosa-Cónovas GV. Food powders flowability characterization: theory, methods, and applications[J]. *Annu Rev Food Sci Technol*, 2010, 1:211-239. DOI:10.1146/annurev.food.102308.124155.
- [27] Di Monaco R, Cavella S, Masi P. Predicting sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements[J]. *J Texture Stud*, 2008, 39(2):129-149. DOI:10.1111/j.1745-4603.2008.00134.x.
- [28] 陈建设.特殊食品质构标准的口腔生理学和食品物理学依据[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(3):1-7. DOI:10.16429/j.1009-7848.2018.03.001.
- [29] Szczesniak AS. Classification of textural characteristics[J]. *J Food Sci*, 1963, 28(4):385-389. DOI:10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x.
- [30] Cichero JAY, Lam PTL, Chen J, et al. Release of updated International Dysphagia Diet Standardisation Initiative Framework (IDDSI 2.0)[J]. *J Texture Stud*, 2019. DOI:10.1111/jtxs.12481.

(修回日期:2019-10-25)

(本文编辑:汪玲)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊对基金项目的有关要求

论文所涉及的课题若获得国家或部、省级以上基金资助或属攻关项目,请以中英文双语形式脚注于文题页左下方,如“基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)(2013CB532002);国家自然科学基金(30271269);Fund program:National Key Basic Research Program of China(973 Program)(2013CB532002);National Natural Science Foundation of China(30271269)”,并请附基金证书复印件。论文刊登后获奖者,请及时通知编辑部,并附获奖证书复印件。