

概念图作业在基础化学全英语课程教学的运用和效果分析

严忠红, 李春霞, 杨若林*

上海交通大学医学院, 药物化学与生物信息学中心 上海 200025

摘要: 概念图作为组织和表征知识的工具, 因能促进有意义的学习, 减少无关认知负荷, 成为科学课程教学的有效策略, 尤其对语言能力不够的学生特别有益。为帮助学生在全英语课程学习中获得成功, 本研究将概念图策略运用在基础化学全英语课程教学中, 围绕概念图作业的实施, 对学生的学业成绩、概念图的评估和学生对实施概念图作业的看法进行统计分析, 考察在基础化学全英语课程中使用概念图作业的有效性。

关键词: 概念图; 思维导图; 基础化学; 全英语教学

中图分类号: G64; O6

Analysis of the Use and Effectiveness of Concept Mapping Assignments in English Medium Instruction of General Chemistry

Zhonghong Yan, Chunxia Li, Ruolin Yang *

Center for Pharmaceutical Chemistry and Bioinformatics, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200025, China.

Abstract: Concept mapping, as a tool for organizing and representing knowledge, has become an effective strategy for teaching science courses due to its ability to facilitate meaningful learning and reduce extraneous cognitive load. This approach is particularly beneficial for students with limited language proficiency. To help students succeed in the English Medium Instruction (EMI), this study integrated concept mapping assignments into the EMI-based General Chemistry course. The effectiveness of this approach was evaluated through statistical analyses student's academic performance, assessment of concept mapping assignments, and student's perceptions of their implementation of concept mapping assignments.

Key Words: Concept mapping; Mind mapping; General Chemistry; English medium instruction

1 背景

过去几十年, 概念图作为促进知识建构的有效工具被广泛地应用于各类教育实践中, 其理论框架是基于大卫·奥苏贝尔(David P. Ausubel)的有意义学习理论^[1], 该理论认为有意义学习是将新的概念同化到已有的认知结构中。受此启发, 康奈尔大学的约瑟夫·D·诺瓦克(Joseph D. Novak)团队在1970年代开发了概念图, 一种以图表的形式反映概念和概念之间关系的空间网络结构图。概念图的英文“Concept mapping”在国内大多翻译为“思维导图”, 这两个术语在多数文献中经常混用。有专家对二者的联系与差异进行了全面的剖析, 前者表征知识, 后者呈现思维, 实践应用中二者往往互相融

收稿: 2024-05-20; 录用: 2024-08-14; 网络发表: 2025-01-24

*通讯作者, Email: yangruolin@sjtu.edu.cn

基金资助: 上海市高等教育学会规划研究课题(QZD2414); 2022年上海高校市级重点课程项目(示范性全英语课程); 2022年上海交通大学教育发展基金项目(CTLD22J 0011); 2020年上海交大医学院一流本科课程项目

合^[2]。也有学者认为,二者对学习者在元认知水平上有类似的作用^[3]。对于一线教师而言,关注的是知识可视化工具对学生在学习过程中的影响,学生提交的概念图作业中有以网状结构表现的思维导图,也有以中心节点发散形式的概念图,因此本文没有对概念图和思维导图进行区分。

概念图是一种组织和表征知识的工具^[4],在各学科的教学实践中能以多种方式展现不同的优势^[5]。作为教学工具可以辅助教学设计,展示教学内容,交流学习活动。作为学习工具,有利于学习者对知识结构及学科思维的快速掌握和形成。大学化学课程教学中,有诸多报道运用概念图提升学生的知识保留^[6-8],培养系统思维^[9,10]和视觉认知^[11]。实践^[8,12]表明概念图的使用有助于化学概念的理解,然而与化学学业成绩有关的调查缺乏一致性。虽然有报道^[8,13]概念图帮助组织、构建和整合,提高学生的学业成功率,但也有研究^[14-16]显示,将概念图策略与传统教学方式相比较没有统计学差异。有学者对一周后的知识保留检查发现,概念图不如提取学习但优于简单的重复学习^[17]。概念图的meta分析^[18]表明,相对于各种其他教学手段和学习策略,构建和研究概念图是有效的学习活动,使用概念图进行教学,学生的学习态度更积极。尽管经常用促进有意义的学习和减少无关认知负荷来解释使用概念图的有益效果,但支持这些解释的实证不多。

概念图也可作评估工具。由教师主导的传统评估方式(选择、填空和问答等)大多是回忆导向,侧重于相对孤立的想法;而概念图通过关系连线将概念与命题以层级关系呈现出来,是一组概念及其之间的关系的二维表征,侧重于不同层次想法之间的交联,真实体现了学生的认知结构及其构建,当然可作为评估学生思维程度的有效工具。同时,概念图的评估也有助于构建与修正学生的理解,对学生与教师进行反馈,因而是以学生为中心的评估。概念图的评估方法主要为两类,一类是通过与专家编制生成的概念图直接比较^[19],识别学生与专家的知识差异;另一类是对有效概念、层级、有意义连接等分配分数,产生客观评价^[20],包括传统的、整体的和分类的评分方法。定量评估概念图的有效性和可靠性已被确认^[21]。

此外,学习者的特征也可能与概念图的有效性有关。由于概念图通过模拟或显示高层级的组织,可以激发学生重组学习资料,构建知识结构,视觉上概念图简化了不必要的语言信息,因而对学业表现不佳或语言水平不够的学生特别有益^[22,23]。不少学者^[24]认为,概念图策略在帮助英语为第二语言的学生提高语言习得方面非常有利,并且能提高学生的学习动机和沟通意愿。

基础化学全英语课程由于理论知识点多,内容繁杂抽象,在有限的课时中完成知识和语言双重教学目标对师生均存在不小的挑战。为践行“以学生为中心”的教学理念,提升内在学习动力,促进课程目标的达成,笔者将概念图策略引入课程教学中,试图对以下三个问题评估:1. 概念图作业的实施是否影响学生的学业成绩? 2. 概念图的作业表现可否用于评估学生对课程知识点的理解? 3. 学生对实施概念图作业的看法如何? 考察在基础化学全英语课程中使用概念图作业的有效性。

2 概念图作业的实践

2.1 课程简介及考察对象

上海交通大学医学院与加拿大渥太华大学医学院于2014年联合建立“上海-渥太华联合医学院”(Ottawa-Shanghai Joint School of Medicine, OSJSM),是我国临床医学本科教育领域首个获教育部批准的中外合作办学项目,采用渥太华大学医学院课程并以英文教学。基础化学全英语课程是OSJSM学生进入大学的第一门医预课程,目的是为学生后续课程的学习提供必需的知识基础和科学素养,同时帮助学生逐渐适应全英语授课、英语学术交流的要求。

课程内容涵盖结构、热力学与动力学、化学平衡、分散系四个模块共13章,总课时数为64,一节课45分钟,历时12周完成课程。考察对象为OSJSM大一学生,2021级(34人)和2022级(36人)两届学生分别于2021年和2022年秋季完成基础化学全英语课程学习,入学成绩及生源素质等无显著差异,课时数、教学内容、教学要求、使用教材及师资均一致。

2.2 概念图作业的实施

课程作业包括补充资料阅读、课后习题、网站自测等，2022年在此基础上增加了概念图作业。课程开始向学生介绍概念图的构建，并布置作业，每章学习结束后在课程网站上提交。概念图可以使用纸和笔、便利贴手工生成，拍照上传，也可以使用计算机软件。课程后期的小组(4人一组)活动进行整个课程的最终概念图构建，以支持课程考试，小组作业上传网站，进行组间互评。

使用Besterfield-Sacre开发的“概念图整体评分标准”^[20]进行评分，根据全面性(涵盖目标领域的完整性，体现知识的深度与广度)、组织性(概念间的组织和链接，反馈回路的使用)、正确性(合理整合概念，精准理解主题，无拼写错误)各设置3个级别，进行评分，即每项1-3分共三项，满分9分。教师线上批改后，在课堂进行反馈提供概念图作业的指导，并请完成最好的2位学生在课堂上与同学交流展示。

2.3 数据采集与处理

课程期末考试试卷由记忆题、理解题和应用题组成，以2021级学生为对照组、2022级学生为实验组，分别对分类成绩(换算成百分制)及总成绩进行独立样本 t 检验，评估概念图作业对课程学业成绩的影响。将学生在结构模块的概念图作业分数与模块测验成绩进行比较统计分析和相关分析，以判断将概念图作业作为学生对知识点理解的评估工具的可能性。期末考试前，向2022级36位学生发放问卷，以了解学生对概念图作业的看法，问卷是在概念图态度量表^[25]共23项的基础上，结合课程特点改编而成。

采用excel和SPSSAU分析软件对所获数据进行统计分析处理，结合学生问卷对数据结果进行探讨。

3 结果与讨论

3.1 概念图作业提交情况

概念图作业要求学生在完成章节学习后一周内提交，因此有时间对所学内容进行整理加工，将新信息与已有知识相联系，并用文字与图示逻辑清晰地绘制出来。整个完成对学生是再学习的过程，不同的学生有不同的思维角度，同学们也很乐于分享交流。

学生提交的概念图作业中，多数使用制图软件(Xmind、Mindmaster、Mindmanager等)，可能与学生喜欢尝试新技术以及方便进行修改有关，也有手工绘图。在原子结构、分子结构、热力学、动力学等抽象概念较多的章节，更适合构建概念图，作业质量较高。在小组协作作业中，连接最多的是自由能与电动势、平衡常数与自由能、路易斯结构与分子形状与溶解性、电子与波函数等，体现了学生对课程知识点多角度的理解以及各概念间“微观-宏观-符号”相关联的化学学科思维。学生绘制的概念图个人作业(S1)与小组作业(S2)示例见补充资料(SI)。

3.2 课程考试成绩分析结果

课程考试均为闭卷英文笔试，根据教学大纲出题，题型有选择、填空和问答(包括计算)，答题时间均为2小时。为客观地分析概念图对课程教学的影响，将课程终考试题根据布鲁姆认知领域目标层次分为记忆题、理解题和应用题，两年终考试题分值组成及难度系数接近(见表1)。

表1 基础化学期末考试试题分类组成及难度系数

	记忆题(分)	理解题(分)	应用题(分)	难度系数
2021级	18	49	33	0.77
2022级	15	54	31	0.78

2022年课程教学中实施概念图作业，对2021级、2022级学生在期末考试中各分项及总分得分情况进行独立样本 t 检验，统计结果(见表2)显示2021级学生在记忆题中的得分显著高于的2022级学生，

差异显著($p < 0.05$), 理解题与应用题分项得分、试卷总分都是22级高于21级, 但数据对比差异没有统计学意义($p > 0.05$)。原本预计概念图作业对学生成绩有积极影响, 但在本研究中并未观察到。

表2 基础化学期末考试成绩对比(分值)

	记忆题 (平均值±标准差)	理解题 (平均值±标准差)	应用题 (平均值±标准差)	总分 (平均值±标准差)
2021级(34人)(对照组)	85.5 ± 11.5	80.8 ± 11.7	67.0 ± 15.7	77.09 ± 8.50
2022级(36人)(实验组)	72.1 ± 11.8	84.9 ± 7.7	68.9 ± 16.9	78.02 ± 10.43
t^1	5.00	-1.60	-0.33	-0.385
p^2	0.002**	0.116	0.743	0.702

1. 两样本均数差异的检验使用t检验。2. 统计显著水平值(* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$)

问卷调查显示了学生对概念图作业的积极态度, 提交的概念图作业也反映了学生对课程的掌握和理解, 是对学生有意义学习的促进, 但统计学意义上未见概念图作业对考试成绩的提升, 这与一些文献报道^[15,16]一致。对于认知能力较高或化学基础较好的学生(每年约20%的化竞生), 本身已接近或达到课程目标, 亦或有自己的学习方法, 概念图的益处并不明显, 可以解释这部分学生的天花板效应。Meta分析^[18]表明, 较短的概念图策略干预时间与较高的效果有关, 当学习者构建概念图的时间少于5周时, 该策略比学习者构建概念图的时间更长时更有效。本次考察概念图作业持续了近一学期12周, 随着构建技术的日臻熟练, 使用概念图的新颖性和效果会随时间推移而降低。

3.3 概念图作业分数与模块测验分数的统计分析

以课程的结构模块为考察样本, 将学生概念图作业评分与模块测验成绩均换算为10分满分, 概念图评分与模块测验成绩分布的箱线图(图1)展示数据分布未见异常值, 正态性检验(样本数小于50, 使用Shapiro-Wilk检验)显示概念图评分不是正态分布($p = 0.002 < 0.01$), 测验成绩具正态性($p = 0.711 > 0.05$) (表3), 因此需进行非参数统计检验。配对wilcoxon符号秩和检验结果显示配对数据未呈现差异性($p = 0.666 > 0.05$) (表4), 比较统计分析显示, 概念图作业分数与模块测验成绩差异不显著。

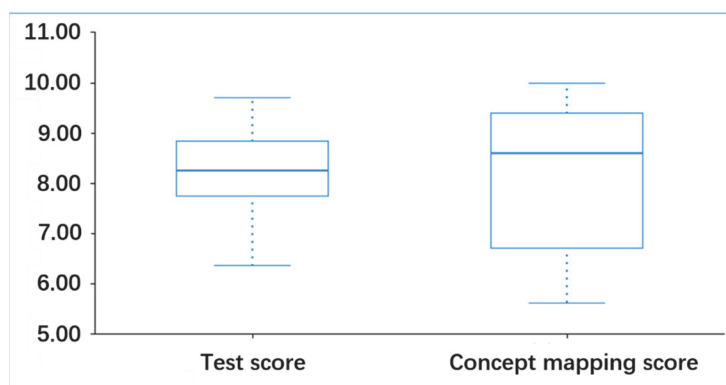


图1 测验成绩分布与概念图评分的箱线图

表3 正态性检验分析结果(* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$)

名称	平均值	标准差	偏度	峰度	Shapiro-Wilk检验	
					统计量W值	p
Concept mapping score	8.156	1.484	-0.364	-1.192	0.890	0.002**
Test score	8.244	0.789	-0.408	-0.115	0.979	0.711

表4 配对样本Wilcoxon分析结果(* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$)

名称	配对中位数M(P ₂₅ , P ₇₅)		中位数M差值 (配对1-配对2)	统计量z值	p
	配对1	配对2			
Concept mapping score 配对 Test score	8.600 (6.7,9.4)	8.250 (7.8,8.8)	0.350	0.432	0.666

为进一步评估两者的关联关系，概念图评分与模块测验成绩的散点图(图2)中观察到两者的正相关，相关分析显示，概念图作业得分和模块测验分数之间的pearson相关系数 r 值为0.461 ($p = 0.005 < 0.01$)，呈现0.01水平的显著性，因而说明概念图作业的完成质量与模块测验的表现呈现显著的正相关关系。

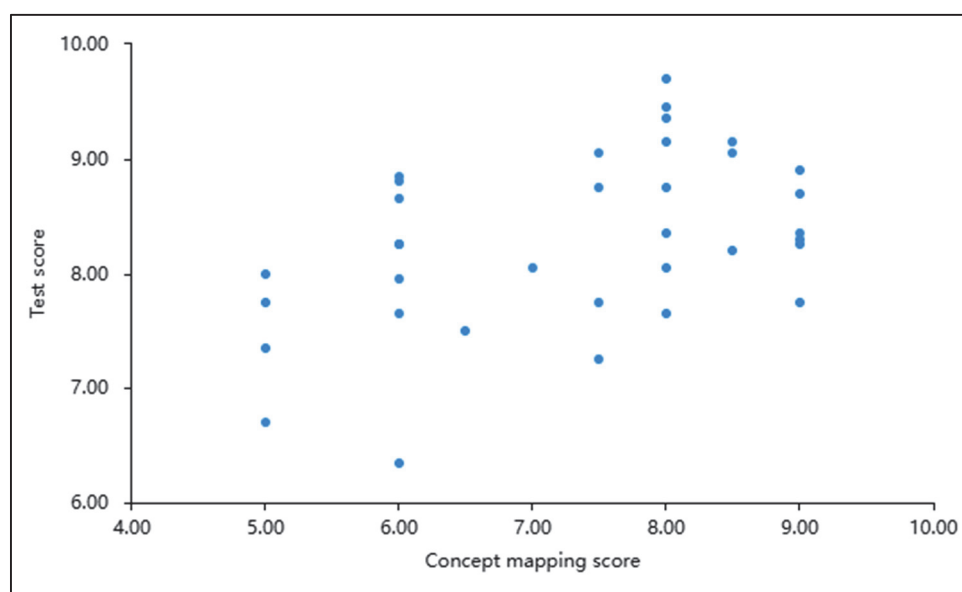


图2 概念图评分与测验成绩的相关性

与中文授课相比，学生在英文讲授的课堂上大多参与互动较少，课间同学提问时围观旁听的学生较多，教师要及时感知、了解和跟踪学生的掌握情况有一定的困难。概念图作业不仅向学生提供了自己学习的反馈，也让教师可以从中发现学生的理解误区，在后续课上能及时调整和优化，并能预测学生对课程知识点的理解掌握，概念图作业的完成质量与模块测验表现的显著正相关说明概念图可以成为课程形成性评价的有效工具，可见概念图作业能给全英语教学提供更多师生互动的机会，从而有助于更积极的学习环境的创建。

3.4 学生对实施概念图作业的态度

概念图态度量表包括16个项目，采用李克特5级量表(1-强烈不同意，2-不同意，3-中立，4-同意，5-强烈同意)进行评分。发放问卷36份，回收有效问卷31份。Cronbach's α 系数为0.927，大于0.9，KMO值为0.753，大于0.6，说明该量表有着较好的信度和效度。学生对调查问卷的回答情况见图3、图4，每个项目的回答分为“同意”(由“强烈同意”与“同意”合并而成)，中立和“不同意”(由“强烈不同意”与“不同意”合并而成)，并转换成百分比。最右列是学生对各项目响应的均值与标准差。

问卷项目1、4、5、6、8、9、11、13和16调查了学生针对概念图作业对学业有效性的看法(见图3)。图表显示学生对概念图作业对学业的有效性的支持态度，“同意”的百分比均高于70%，其中第9项“概念图有助于建立概念之间的关系”最高为80.64%，其后依次为77.42%的第4、16项

“概念图帮助学习关键概念”、“概念图让我了解我是如何理解这个主题的”，74.2%的第5项“概念图改善了我的思维系统”、第13项“讲台上同学概念图的介绍对我很有启发”和第12项“绘制英语概念图能加强专业词汇的掌握”，同时学生响应均值最高(4.13±0.89)的是第12项，即在概念图对课程学习的好处选项中，学生最认同的是对专业英语学习的帮助。对于教材、课件、习题、作业及考试均为英文的化学课，专业英语对学生的挑战不言而喻，概念图作业可促使学生专业词汇的输出，加强学生对化学专业英语的掌握。可见，在基础化学全英语课程中学生非常认可概念图作业对课程知识整合以及对语言习得的好处。

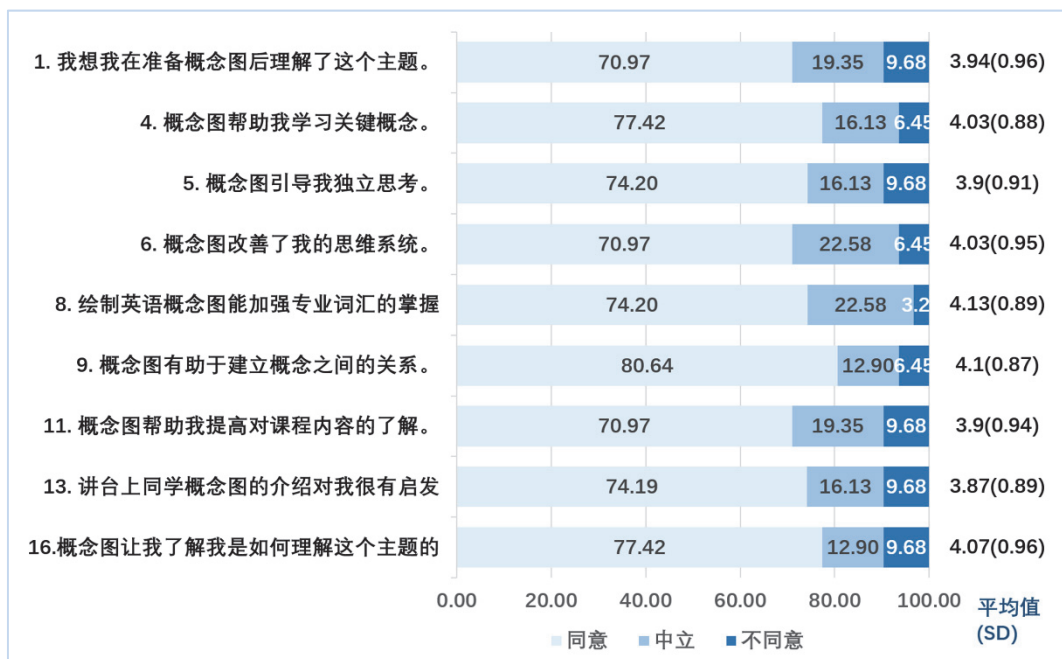


图3 学生对概念图作业对学业有效性的看法

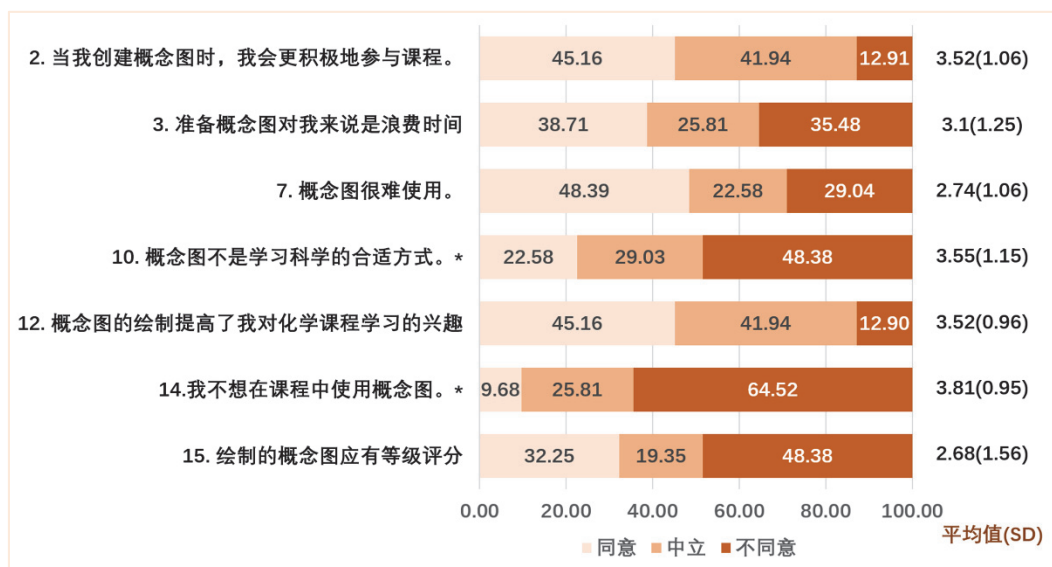


图4 学生对概念图作业的情感接受情况

问卷项目2、3、7、10、12、14和15调查了学生针对概念图作业的情感接受情况(见图4)。第14项“我不想在课程中使用概念图”和第10项“概念图不是学习科学的合适方式”是反向题,大部分学生表示不同意,百分比分别为64.52%和48.38%,意味着他们有意愿在学习中使用概念图。第2项“当我创建概念图时,我会更积极地参与课程”和第12项“概念图的绘制提高了我对化学课程的兴趣”同意的学生比例(45.16%)略多于中立的学生(41.94%),说明学生对概念图作业持积极态度。对第3项“准备概念图对我来说是浪费时间”持同意(38.71%)和不同意(35.48%)的学生比例相近,近一半学生(48.39%)认为“概念图很难使用”(第7项)和不同意“绘制的概念图应有等级评分”(第15项),显示学生对概念图的使用还是有一些犹豫和抵触,原因可能是绘图软件的便捷度与操作熟练度不够,耗时,长时间重复的概念图作业使学生易产生厌倦,有些学生觉得自己有更有效的学习方法等。

4 结语

针对国内大学生的全英语教学,报道最多的挑战是专业内容与语言学习的平衡,应对这样的挑战需要进行各种教学策略的尝试,并进行反思以发现和解决问题。本研究是概念图策略在基础化学全英语课程教学中的实践,结果显示,概念图作业在课程知识和专业英语习得方面,都是有效的学习工具。虽然课程考试成绩的差异无统计学意义,但教学过程中,概念图作业可提供学生的形成性评价,有利于增加师生互动与学习环境的优化,学生对使用概念图具有较高的积极态度。这是实施“以学生为中心”的全英语教学的有意义尝试,为大学化学全英语教学中概念图策略的应用提供了实验证据,以期课程教师在考虑全英语教学实践方式和内容进行教学决策时以借鉴。

本文报道的概念图作业在医学院大学一年级基础化学全英语课程中的调查,样本量较小,研究结果可能还受其他因素的影响,没有考虑学生如化学基础、英语水平等的个体特征。如何针对不同背景的学生,不同的课程内容,恰当地设计和利用概念图,合理教学,构建促进思维的全英语教学环境,还需后续更深入的探索。

补充材料: 可通过链接<https://www.dxxh.pku.edu.cn>免费下载。

参 考 文 献

- [1] Ausubel, D. P. *J. Educ. Psychol.* **1960**, *51*, 267.
- [2] 赵国庆. 电化教育研究, **2012**, No. 5, 78.
- [3] D'Antoni, A. V.; Zipp, G. P.; Olson, V. G. *BMC Med. Educ.* **2009**, *9* (19), 1.
- [4] 赵国庆, 黄荣怀, 陆志坚. 开放教育研究, **2005**, *11* (1), 23.
- [5] Chang, C. C.; Hwang, G. J.; Tu, Y. F. *Interact. Learn. Environ.* **2023**, *31* (9), 5995.
- [6] 李银环, 李欣慰, 何洪宇, 张志成. 大学化学, **2018**, *33* (11), 98.
- [7] 龚静鸣, 张文华, 李芳, 徐晖, 周燕平, 梁沛, 熊博, 高婷娟, 原弘, 万坚, 等. 大学化学, **2019**, *34* (6), 26.
- [8] Turan-Oluk, N.; Ekmekci, G. *Chem. Educ. Res. Pract.* **2018**, *19* (3), 819.
- [9] Katherine, B. A.; Yehudit, J. D.; Thomas, A. H.; Rea, L.; Stephen, A. M.; MaryKay, O.; Heather, S. A. *J. Chem. Educ.* **2019**, *96* (12), 2888.
- [10] Tümay, H. *J. Chem. Educ.* **2023**, *100* (10), 3925.
- [11] Ronald, L. R.; Junjun, A. V. *J. Chem. Educ.* **2024**, *101* (3), 1106.
- [12] Zhe, W.; Olusola, A.; NarayanKripa, S.; Paul, B. *Educ. Psychol.* **2021**, *41* (2), 245.
- [13] Aguiar, J. G.; Correia, P. R. M. *Chem. Educ. Res. Pract.* **2016**, *17* (4), 756.
- [14] Markow, P. G.; Lonning, R. A. *J. Res. Sci. Teach.* **1998**, *35* (9), 1015.
- [15] BouJaoude, S.; Attieh, M. *Eurasia J. Math., Sci. Technol. Educ.* **2008**, *4* (3), 233.
- [16] Talbert, L. E.; Bonner, J.; Mortezaei, K.; Guregyan, C.; Henbest, G.; Eichler, J. F. *Chem. Educ. Res. Pract.* **2020**, *21* (1), 37.

- [17] Jeffrey, D. K.; Janell, R. B. *Science* **2011**, *331* (6018), 772.
- [18] Schroeder, N. L.; Nesbit, J. C.; Anguiano, C. J.; Adesope, O. O. *Educ. Psychol. Rev.* **2018**, *30*, 431.
- [19] Francisco, J. S.; Nakhleh, M. B.; Nurrenbern, S. C.; Miller, M. L. *J. Chem. Educ.* **2002**, *79* (2), 248.
- [20] Besterfield-Sacre, M.; Gerchak, J.; Lyons, M. R.; Shuman, L. J.; Wolfe, H. *J. Eng. Educ.* **2004**, *93* (2), 105.
- [21] Ifenthaler, D. *Educ. Technol. Res. Dev.* **2010**, *58* (1), 81.
- [22] O'Donnell, A. M.; Dansereau, D. F.; Hall, R. H. *Educ. Psychol. Rev.* **2002**, *14* (1), 71.
- [23] Haugwitz, M.; Nesbit, J. C.; Sandmann, A. *Learn. Individ. Differ.* **2010**, *20*, 536.
- [24] Rui, F.; Haroon, N. A.; Azizi, Z.; Sarabani, L. *Heliyon* **2023**, *9* (6), e16560.
- [25] Turan-Oluk, N.; Kan, A.; Ekmekci, G. *J. Kirsehir Educ. Fac.* **2016b**, *17* (1), 95.