

## 知识网络构建策略在有机化学教学中的应用及效果分析

贺建<sup>1</sup>, 张定林<sup>1</sup>, 武丽萍<sup>1</sup>, 包莹<sup>1</sup>, 杨小超<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>陆军军医大学基础医学院, 重庆 400038

<sup>2</sup>陆军军医大学生物医学工程与影像医学系, 重庆 400038

**摘要:** 知识点之间以及知识点与医学应用之间的难融合, 是医学院校有机化学教学中的传统难题。以该问题为牵引, 首先通过定制基础知识、难点知识以及医学应用案例为现学知识溯源、求本和找落脚点, 其次通过官能团互变、“结构-性质-应用”主线、反应本质以及同类知识点之间的差异等手段为知识点搭桥, 最后利用具体医学应用案例贯穿章节知识学习始末, 通过上述三种策略构建定制化的知识网络, 最终达到知识融合的目的。教学实践结果表明, 该策略能极大帮助学员理清知识脉络、系统掌握知识点, 最终实现学以致用目标。

**关键词:** 知识网络; 知识融合; 有机化学; 构建策略

**中图分类号:** G64; O6

## Application and Effectiveness Analysis of Knowledge Network Construction Strategies in Organic Chemistry Teaching

Jian He<sup>1</sup>, Dinglin Zhang<sup>1</sup>, Liping Wu<sup>1</sup>, Ying Bao<sup>1</sup>, Xiaochao Yang<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> College of Basic Medicine, Army Medical University, Chongqing 400038, China.

<sup>2</sup> School of Biomedical Engineering and Medical Imaging, Army Medical University, Chongqing 400038, China.

**Abstract:** The difficulty in integrating various knowledge points and connecting them with medical applications has long been a persistent challenge in organic chemistry education for medical students. To address this issue, we implemented three strategic approaches to construct customized knowledge networks for achieving knowledge integration. First, we tailored basic concepts, challenging topics, and medical application cases to establish foundations, elucidate core principles, and provide practical relevance for current learning materials. Second, we employed functional group interconversions, the “structure-property-application” framework, reaction mechanisms, and comparative analysis of related concepts to establish connections between knowledge points. Finally, we incorporated specific medical application cases throughout the entire chapter-based learning process. Teaching practice results demonstrate that this approach significantly helps students clarify knowledge structures, systematically master key concepts, and ultimately achieve the goal of practical knowledge application.

**Key Words:** Knowledge network; Knowledge integration; Organic chemistry; Construction strategies

作为医学院校通识教育类课程, 有机化学是研究有机物组成、结构、性质及其变化规律, 以及化学实验方法与技术医学领域应用的学科。相关知识是医学生从分子水平认知生命现象、干预生命过程所必须具备的基础, 因此, 本课程对于夯实医学生的医学、生命科学基础知识具有根本性作用。然而, 笔者作为临床专业有机化学主讲教员, 在多年教学中发现存在知识难融合问题, 具体表

收稿: 2024-10-25; 录用: 2025-01-16; 网络发表: 2025-04-15

\*通讯作者, Email: xcyang@tmmu.edu.cn

基金资助: 重庆市高等教育教学改革研究项目(223528)

现为：基础知识运用能力不足、知识点系统梳理能力欠缺、知识迁移应用能力薄弱。

为实现知识融合，知识图谱的构建应运而生<sup>[1]</sup>。知识图谱已然成为当前教育领域，特别是化学教育研究中的热点。如基于虚拟教研室平台的有机化学课程知识图谱的建设<sup>[2]</sup>，基于可视化知识图谱实现化学学科核心素养现状的研究<sup>[3]</sup>，基于知识图谱可视化分析概念图在化学教学中的应用<sup>[4]</sup>等。虽然知识图谱的构建以及专业应用已有研究，但以实现知识融合目标为牵引的知识图谱在有机化学中的应用尚未报道。况且对普通教育工作者而言，基于知识图谱构建完整的知识体系仍面临着巨大的挑战，如知识点精确切割等技术难题。

为防止因技术壁垒影响适合医学院校有机化学教学知识体系的构建，继而无法实现知识融合的目标，本研究拟在定制知识点的基础上，利用知识点“联系”功能，构建知识网络实现知识融合，继而达成课程教学的知识 and 能力目标，旨在解决当前医学院校有机化学教学中的难点问题，同时也为高等教育教学改革提供一种通用策略。

## 1 融合式有机化学课程知识网络构建

### 1.1 有机化学课程定制化知识点

既往教学经验提示，医学生在学习有机化学时存在如下问题：基础知识薄弱限制了对现学知识的全面理解，使得学习进度缓慢；电子效应和反应机理难以理解，导致掌握化学性质时不仅耗费大量精力，还会出现知其然而不知其所以然的现象；现学知识点不会灵活应用，使得教学能力目标难以达成等。为此教学组定制了有机化学学习中涉及的基础知识库、难点知识库以及医学应用案例素材库等，旨在为解决上述教学问题提供基础素材。

有机化学学习中常涉及化合物结构、物理性质和反应机理等，上述内容的讨论需基于原子杂化类型、分子间作用力和反应动力学等展开，为此我们构建了包括原子结构、共价键理论、分子间作用力以及反应动力学等在内的基础知识库。电子效应和反应机理在有机化学中具有广泛应用，前者常用于理解和预测有机物性质及其反应性能，后者不仅能帮助我们理解反应的本质，还能预测和解释实验现象。为了更好地帮助学员理解这些难点知识，我们通过自建系列动画形式，构建了包括电子效应和反应机理在内的难点知识库，具体包括：诱导效应、共轭效应、芳环亲电取代反应、双分子亲核取代反应、单分子亲核取代反应、双分子消除反应、单分子消除反应以及亲核加成反应等。医学案例分析能为课程学习找落脚点，教学组既往研究已证实，定制化的医学案例能极大地激发学习兴趣<sup>[5]</sup>，但如何自然切入并实现课程知识与医学应用有机融合仍值得广泛关注。为此我们选择与专业知识紧密契合的临床医学案例构建医学应用案例素材库，旨在达成能力培养的目标，具体案例如下。

#### 1.1.1 缩醛与pH响应型递送系统

类风湿性关节炎(Rheumatoid arthritis, RA)作为一种自身免疫性疾病可引发多种难以治疗的病症，糖皮质激素可缓解这些症状，因此被广泛用于临床治疗RA。传统治疗需长期维持血浆中高浓度的糖皮质激素，此法虽有疗效，但也会引发一系列的不良反应。RA酸性微环境使得基于pH响应型载药系统局部给药成为可能，据此研究人员开发了肉桂醛修饰的 $\alpha$ -环糊精纳米药物递送系统用于负载糖皮质激素。该递送系统的基材分子拥有与醛和ROH亲核加成产物类似的缩醛结构(图1a)，使其具有抵抗氧化剂、还原剂以及碱的能力，但在酸性条件下会分解为原始的肉桂醛和 $\alpha$ -环糊精(图1b)。因此，当该纳米递送系统经由RA区域时，受酸性微环境影响，缩醛结构被破坏引发纳米颗粒崩解继而释放出糖皮质激素<sup>[6]</sup>，这种局部释药既保证了对RA的治疗效果，同时又避免了不良反应的发生。该案例是利用材料的设计达到解决临床问题的目的，其核心在于肉桂醛和 $\alpha$ -环糊精的反应产物具有缩醛结构的特性，利用缩醛对酸敏感的特点达到控释的目的。

#### 1.1.2 糖脲与糖化血红蛋白

临床上常将糖化血红蛋白(图1c)含量作为糖尿病患者监测血糖的一个重要指标。血红蛋白氨基

酸残基可与糖分子发生糖化反应(图1d), 具体而言, 血红蛋白两条 $\beta$ 链N端的缬氨酸残基与1,6-二磷酸果糖、6-磷酸果糖、丙酮酸和葡萄糖作用分别得到产物HbA1a1、HbA1a2、HbA1b和HbA1c。因HbA1c含量约占HbA1的80%且结构稳定, 因此临床诊断价值较高。HbA1c是血红蛋白两条 $\beta$ 链N端的缬氨酸残基与葡萄糖作用而成的产物, 该反应具有持续、缓慢和不可逆的特点, 因此糖化血红蛋白的含量与过去而非即时的血糖浓度正相关, 通常认为糖化血红蛋白浓度可有效地反映过去8–12周平均血糖水平<sup>[7]</sup>。糖化血红蛋白的量主要受血糖浓度的影响, 患者抽血时间、是否进食、是否使用胰岛素等因素对其干扰不大。因此糖化血红蛋白的检测已陆续被各大糖尿病疾病预防和控制组织视为糖尿病治疗监测的“金标准”。该机制基于血红蛋白的糖化反应, 成功解释糖化血红蛋白的由来以及糖化血红蛋白为什么可以作为糖尿病患者监测血糖的一个重要指标。

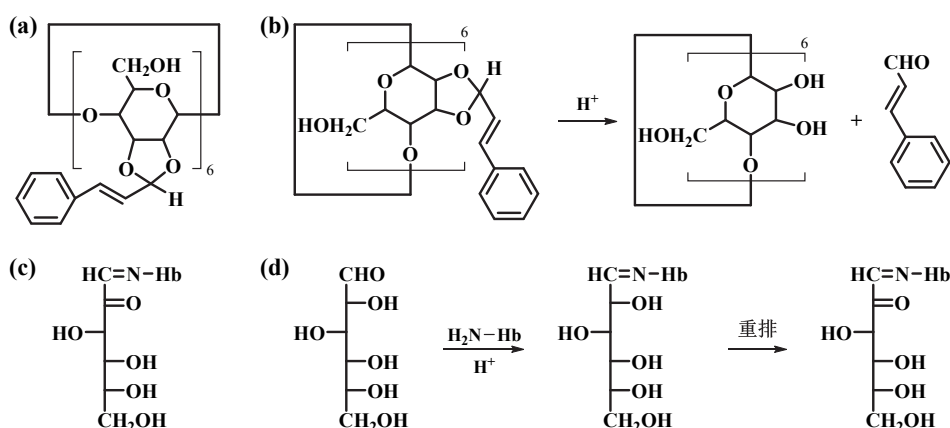


图1 (a) 肉桂醛修饰的 $\alpha$ -环糊精结构式；(b) 酸性条件下肉桂醛修饰的 $\alpha$ -环糊精分解方程式；(c) 糖化血红蛋白结构式；(d) 糖化血红蛋白形成方程式

## 1.2 有机化学知识网络构建

构建有机化学知识网络, 也就是为知识之间搭建纵向、横向关联线。以陆阳主编的人民卫生出版社《有机化学》(第9版)为例, 此教材包括有机化学总论、有机化学各论和重要的生物有机化学等篇章, 继而以官能团为牵引划分章节。因此, 基于有机反应实现含不同官能团化合物之间的互变, 可以建立章节之间的纵向关联。典型的有机化学习题包括命名题、合成题和鉴别题, 这些题型分散于各章节, 因此以题型为抓手也是实现章节纵向关联的又一策略。首先基于化学性质实现官能团之间的互换, 从而达到典型各论章节间串接的目的, 如: 利用烯烃和HX发生加成反应转化为卤代烃; 基于卤代烃的水解反应可实现醇合成的目的; 若让卤代烃发生氰解反应, 而后在酸性条件下再发生水解反应可获得羧酸。该纵向脉络可为学员解决化合物合成问题提供思路。其次利用化合物的共性构建典型各论章节间的联系, 如: 典型化合物的命名均采用“三最一简”规则, 即: 选择官能团在内的最长碳链作母体, 确保所选母体拥有最多取代基团, 对母体编号时优先确保官能团位次最小, 书写名称时简单的取代基写在前面。最后基于化合物的个性特点实施鉴别也能为典型各论章节间关联助力, 如: 利用与 $\text{NaHCO}_3$ 反应冒气泡的现象可对酸类化合物进行鉴别(图2a)。

在具体章节讨论时, 一般包括分类和命名、结构、性质和医学应用等, 这种以“结构–性质–应用”为主线, 构成了章节内的横向关联。各论中虽然化合物种类不一, 但绝大多数章节均围绕分类和命名、结构、性质和重要化合物等内容进行讨论, 因此在学习时存在较多相似之处。以醛和酮章节为例(图2b), 首先利用“结构–性质”主线实现结构和理化性质的关联。如讨论醛和酮的沸点、水溶性等物理性质时, 利用醛和酮结构分析分子极性、分子间是否存在氢键等特性作为联系沸点、水溶性等物理性质的依据。同理基于化合物结构围绕分子间作用力, 将醛酮与醇、羧酸、醚及烷烃进

行沸点比较,从而搭建不同化合物沸点之间的联系。又如利用醛和酮结构特点,推测其可能发生亲核加成反应、 $\alpha$ -H反应以及氧化还原反应,基于此可为醛和酮具体化学性质搭桥。其次利用反应机理也可实现具体化学性质之间的关联。如醛酮与HCN、NaHSO<sub>3</sub>和RMgX的反应历程一致,都是亲核试剂进攻羰基碳形成烷氧负离子,继而从环境中夺取质子最终形成产物,而酸催化的亲核加成反应机理可解释醛酮与ROH和GNH<sub>2</sub>(代表不同氨的衍生物)的亲核反应。此外,碱性条件下的羟醛缩合实质是醛酮 $\alpha$ -H被剥离经由烯醇负离子最终形成 $\alpha$ -碳负离子(作为亲核试剂),继而与另一分子醛酮之间发生的亲核加成反应。通过反应历程的讨论,将羟醛缩合反应和亲核加成关联,同时也很好地解释了为什么羟醛缩合反应过程中需要使用稀碱液。又如卤仿反应的实质是乙醛或甲基酮在碱催化下先发生三卤化反应,继而再发生亲核取代反应,因此可将碱性条件下的卤代反应和卤仿反应融合。再者利用差异也可为具体化学性质搭建关联网。反应历程层面而言,亲核加成反应以及卤代反应在酸/碱催化时机理各不相同;反应结果层面而言,如酸催化条件下卤代反应只能停留在一取代阶段,而碱催化条件下可以将所有 $\alpha$ -H都进行卤代。又如Tollens和Fehling试剂都能氧化醛,但两者使用范围不一致。具体而言,Tollens试剂与所有醛都能进行反应,而Fehling试剂仅可用于脂肪醛的氧化;虽然多种试剂均可用于醛和酮的还原,但依据还原产物不同可将还原剂分为两类,第一类包括H<sub>2</sub>/Pt和金属氢化物,虽然它们均可将醛和酮结构中的羰基还原为醇羟基,但不同之处在于后者具有选择性还原的特点,如利用LiAlH<sub>4</sub>还原醛和酮时可保留结构中的不饱和键。第二类包括Clemmensen还原法和Wolff-Kishner-Huang还原法,虽然在两类方法的作用下结构中的羰基可变为亚甲基,但两者使用体系不同,具体而言,前者适用于酸性条件下的还原,而后者只能用于对碱耐受的醛和酮的还原。

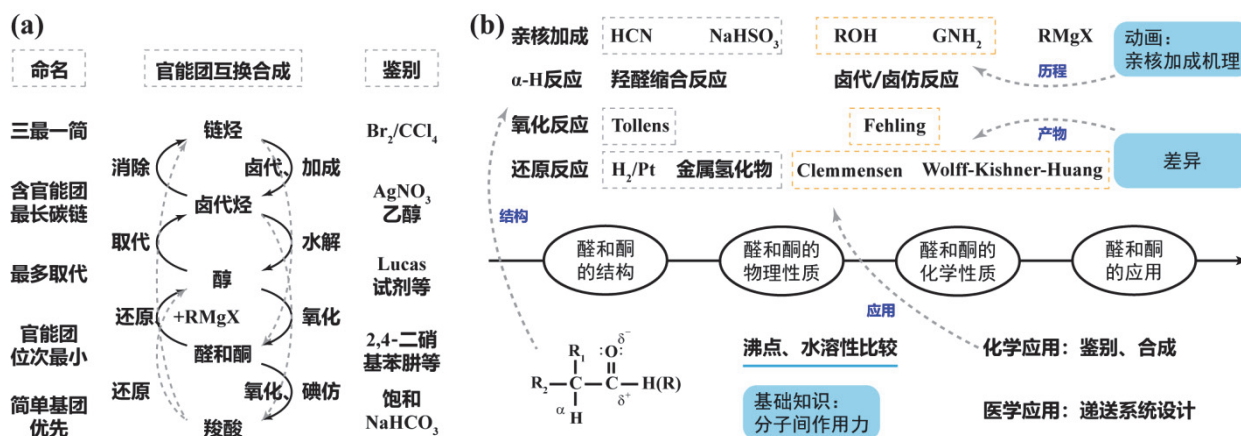


图2 (a) 典型各章间知识网络; (b) 醛和酮章节的知识网络示例

除利用主线、机理以及差异为知识点构建关联网络外,基于应用串接知识点也是一类重要的方法。仍以醛和酮章节为例,其化学性质的重要应用之一是鉴别。本章包含醛和酮的多种鉴别方法,如:利用饱和NaHSO<sub>3</sub>可以鉴别所有醛、脂肪族甲基酮以及八个碳以下的环酮;利用碘仿反应可以鉴别乙醛、甲基酮;利用Tollens试剂可以区分醛和酮;利用Fehling试剂可以区分脂肪族醛和芳香族醛。因此,基于鉴别单元不仅可将本章中醛酮与NaHSO<sub>3</sub>的亲核加成反应、与I<sub>2</sub>/NaOH的碘仿反应、被Tollens试剂和Fehling试剂氧化的反应关联外,还可基于鉴别单元将醛和酮与醇、羧酸等其他化合物关联。与其他院校相比,医学院校有机化学最大的特征是课程知识的医学应用,因此,如何将医学应用有机融入课程知识体系尤为重要。醛和酮章节可与pH响应型药物递送系统关联,具体而言,首先使用响应型药物递送系统治疗类风湿性关节炎案例设问导课,激发学员学习兴趣并引出本章节内容的学习。由于该案例的切入点是醛酮与ROH的亲核加成反应,学员在掌握该知识点后可对案例进行深入讨论。引导学员利用醛与ROH反应产物缩醛对酸敏感的特点,来解释开课时提到的pH响应型

药物递送材料的设计原理。通过解析案例中智能递送系统的构建策略，让学员真切感受具体化学知识的实际医学应用，进一步激发学员学习有机化学的兴趣，同时也让开课案例形成闭环。糖类章节则选择与糖类密切相关的糖化血红蛋白检测案例作为切入点，由什么是糖化血红蛋白和为什么选择糖化血红蛋白作为糖尿病患者血糖检测的指标设问，激发学员学习本章内容的兴趣。由于糖化血红蛋白的实质是血红蛋白两条 $\beta$ 链N端的缬氨酸残基与葡萄糖经成脎反应的产物，因此在完成单糖成脎反应学习的基础上，引导学员讨论血红蛋白的形成过程，同时结合该反应的特点，让学员理解选择糖化血红蛋白作为糖尿病人血糖检测指标的原因。

## 2 知识网络构建策略实施效果分析

构建定制化的有机化学知识网络的前提是摸清学员学习中存在的困难点。以2023级临床3班为例，教学组通过问卷调查发现学员学习有机化学存在如下困难(注：此为多项选择统计结果)：感觉知识点多、散占78.75%，居于首位；反应机理抽象占46.43%，位居第二；除此之外，仍有31.25%的学员感觉化学基础薄弱和29.46%的学员感觉知识不会应用(图3a)。针对上述教学中存在的问题，教学组通过集体备课，定制教学中发现学员欠缺的有机化学基础知识、与教学难点相关的有机化学反应系列动画和与知识点密切相关的医学应用案例，旨在为构建融合式知识网络提供素材。具体而言，将基础知识融入现学知识体系，为现学知识点找前身，让学员不仅搞清楚有机化学知识点是什么，还要理解这些知识点的出处；通过自建有机化学反应系列动画并用于电子效应和反应机理的学习，将抽象的效应和历程通过三维动画呈现，帮助学员可视化地理解难点知识；通过将医学案例贯穿于章节内容学习，为重要知识点找到实际应用场景，除了让学员理解知识点的学习意义外还能达到学以致用目的。

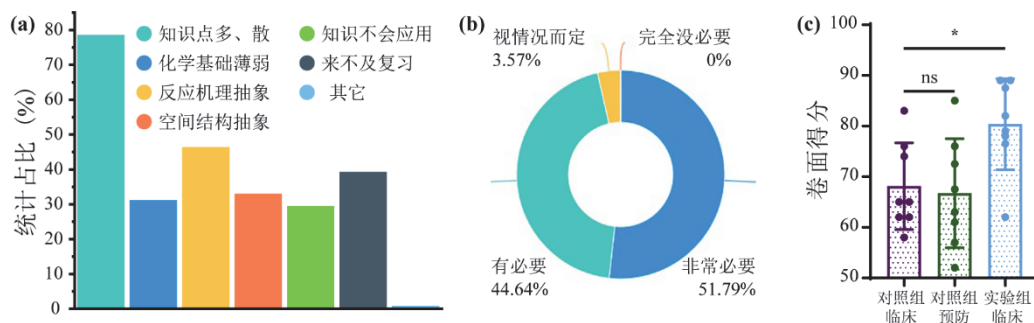


图3 (a) 有机化学课程学习困难点调查情况，此为多项选择统计结果；(b) 构建知识网络必要性调查结果；(c) 知识网络构建策略实践结果

图3c中，数据以均值±标准差表示，\* $p < 0.05$  vs. 对照组，ns代表差异无统计学意义

将知识有机融合的另一难点问题是如何为知识点搭建联系。利用官能团互变或题型实现知识点之间的纵向关联(图2a)，利用“结构-性质-应用”实现知识点之间的横向关联(图2b)。除此之外，利用同类知识点之间的异同对比，如醛可被Tollens试剂和Fehling试剂氧化，但两者氧化醛的范围不一。如上所述，通过将多而散的单一知识点通过“联系”功能组建有机化学知识网络，实现知识点的有机融合，这种基于问题导向定制化构建的知识网络，能有效地帮助学员理清知识体系，更重要的是这种联系是每个学员依据自身情况而定的，定制化地搭建“联系”能助力知识融合。以2023级临床3班为例，教学组通过问卷调查发现96.43%的学员认为有必要对现学知识进行梳理，构建知识网络便于理解记忆所有知识(图3b)。

为进一步验证知识网络构建策略对有机化学教学的促进作用，教学组以2023级临床和预防专业合班为研究对象。考虑预防专业仅包含8位学员，我们将其作为预防对照组，同时从临床专业中挑选

16位学员, 随机均分为临床对照组和临床实验组, 仅对由临床专业8位学员组成的实验组额外增加知识网络构建策略训练, 临床对照组、预防对照组和临床实验组卷面平均分分别为 $68.12 \pm 8.58$ 、 $66.75 \pm 10.77$ 和 $80.38 \pm 8.96$  (图3c)。与临床对照组相比, 临床实验组显著提升了卷面成绩; 同样与临床对照组相比, 预防对照组未见明显差异。临床和预防两个不同专业学员的基础差异是导致上述结果的原因之一, 然而上述结果提示在合班授课情况下这种差异会极大地缩小。在此情况下, 额外知识网络构建策略训练作为导致上述结果的另一原因可能是起主导作用的因素。这也充分印证了以问题为导向的网络化的知识体系能极大帮助学员掌握知识点, 最终达到学以致用目的。

### 3 结语

知识融合能有效帮助学员熟悉知识点之间的关联, 使孤立的知识点串联成逻辑线并交织成可视网。知识网络构建作为知识融合的一种策略, 是在精准掌控学情的基础上, 以学员困惑为导向构建知识网络, 旨在实现知识融合和学以致用目的, 最终实现人才培养中的知识和能力层面目标。若将知识点进一步延伸拓展, 特别是与有机、药物合成和思政元素关联, 我们有理由相信该策略也可作为学员能力和素质目标培养提供助力。

### 参 考 文 献

- [1] 杜睿山, 陈寰宇. 山西财经大学学报, **2021**, *43* (5), 127.
- [2] 白伟, 于丽梅, 宋汪洋, 赵军龙, 陈宁, 姜翠玉, 伍新燕, 朱桂茹, 陈树峰, 姚赞, 等. 大学化学, **2023**, *38* (10), 56.
- [3] 王晓芳, 谷晓凤, 粟智. 化学教育(中英文), **2020**, *41* (23), 99.
- [4] 李慧敏, 鲁静, 张文华, 毛建明. 化学教育(中英文), **2021**, *42* (5), 99.
- [5] 贺建, 杨小超. 大学化学, **2017**, *32* (6), 41.
- [6] Lu, Y. Z.; Zhou, J. L.; Wang, Q. M.; Cai, J.; Yu, B.; Dai, Q. J.; Bao, Y.; Chen, R.; Zhang, Z. R.; Zhang, D. L.; *et al.* *Acta Biomater.* **2023**, *164*, 458.
- [7] 府伟灵, 徐克前. 临床生物化学检验. 第5版. 北京: 人民卫生出版社, 2012.