

无机生物活性材料的软组织再生应用

吴成铁^{1,2}, 常江^{1,2}

(1. 中国科学院 上海硅酸盐研究所, 关键陶瓷材料全国重点实验室, 上海 200050; 2. 中国科学院大学 材料科学与光电技术学院, 北京 100049)

人体软组织通常是指除骨骼、关节外的所有结缔组织总和, 包括皮肤、肌肉、血管、神经等, 是人体分布面最广、体内比重最大的组织。软组织柔软且富有弹性, 紧密连接各组织器官, 起到支撑、保护和维持人体正常生理功能的重要作用。然而, 由意外事故、疾病、外科手术等导致的大面积、大体积的软组织损伤是临床上面临的重大挑战之一, 严重影响患者的生命健康与生活质量。自体移植作为临床中的金标准尽管展现出较好的修复效果, 但存在供体来源有限、二次创伤等缺点。因此, 亟需开发具有组分结构稳定、性能优异的生物活性材料, 以应对软组织再生的迫切需求。

1969 年美国 Larry Hench 教授首次研发出具有优异生物相容性及组织整合功能的生物活性玻璃, 正式掀开了无机生物活性材料研究的帷幕。这种材料逐渐受到材料学、医学研究者的广泛青睐, 进入发展快车道。无机生物材料具有高度可控的化学组成、宏微观拓扑结构等理化特性, 在调控细胞分化、诱导组织再生方面具有独特的优势。过去的研究主要聚焦在无机生物材料调节骨相关细胞特异性分化以及诱导骨骼、牙齿等硬组织再生方面, 有效解决了一些临床难题。有趣的是, 近期研究发现无机生物材料还具有调节多种软组织相关细胞活性与特异性分化的生物学功能, 包括血管内皮细胞、神经细胞、毛囊干细胞等, 这些研究初步证实了无机生物材料修复软组织损伤的巨大潜力, 有效拓宽了无机生物材料的应用范围。

近年, 本团队在无机生物活性材料用于软组织再生方面取得一些代表性成果。为集中展示我国研究团队在无机生物材料用于皮肤、神经、心肌等软组织再生方面的最新研究进展, 吸引更多研究人员参与无机生物材料的基础研究和临床转化, 我们受《无机材料学报》编辑部邀请担任客座编辑, 组织编撰了“软组织再生无机生物材料”专刊。本专刊收录了来自中国科学院上海硅酸盐研究所、西安交通大学、四川大学、上海师范大学等单位的知名研究团队关于无机生物材料用于软组织再生的最新综述论文, 涵盖了无机生物材料在血管化皮肤再生、毛囊再生、神经化组织再生、心肌再生及类器官发育等方面的应用。

我们希望本专刊能够帮助科研人员更加深入了解无机生物材料在软组织再生领域中的最新发展动态及其广泛应用前景, 促进多领域、多学科科研人员密切合作, 共同推动无机生物材料学科的发展。我们期望未来能涌现出更多创新的无机生物活性材料, 以解决临床中的诸多软组织再生难题, 保障人类生命安全与健康。

Bioactive Inorganic Materials in Soft Tissue Regeneration

WU Chengtie^{1,2}, CHANG Jiang^{1,2}

(1. State Key Laboratory of High Performance Ceramics, Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China; 2. College of Materials Science and Optoelectronics Engineering, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Human soft tissue generally refers to the sum of all connective tissues in the body excluding bones and joints, including skin, muscles, blood vessels, nerves, etc., and is the most widely distributed and largest proportion of tissues in the human body. Soft tissues are soft and elastic, which closely connect various tissues and organs, and play a crucial role in supporting, protecting, and maintaining the normal physiological functions of human body. However, large-area and large-volume soft tissue injuries caused by accidents, diseases, and surgery significantly affect health and quality of life of patients, and remain one of the significant challenges in clinical medicine. Due to its effective performance of repairing damaged tissues, autologous transplantation has been regarded as the gold standard in clinical applications for many years, while it faces the disadvantages of limited donor sources and secondary trauma. Therefore, it is urgent to develop novel bioactive materials with suitable compositions/structures and excellent performance to promote soft tissue regeneration.

Since the bioactive glass, the first-generation inorganic biomaterials, with excellent biocompatibility and tissue integration functions invented by Prof. Larry Hench from the United States in 1969, the research curtain of bioactive

inorganic materials has been opened, receiving widespread attention from material scientists and medical doctors, and entering a fast track of rapid development. Inorganic biomaterials possess highly controllable chemical compositions and macro/nano topographical structures, offering unique advantages in regulating cell differentiation and inducing tissue regeneration. Over the past decades, researches have mainly focused on the effects of inorganic biomaterials on regulating the differentiation behaviors of bone-related cells and hard tissue regeneration including bone and teeth, effectively addressing several clinical problems. Interestingly, recent studies demonstrate that inorganic biomaterials also have the capacity to regulate the bioactivity and specific differentiation of various soft tissue-related cells, including vascular endothelial cells, nerve cells, hair follicle stem cells, *etc.* These studies preliminarily confirm the potential application of inorganic biomaterials in repairing soft tissue injuries, greatly expanding the application scope of inorganic biomaterials.

In recent years, our group has performed numerous studies on the application of bioactive inorganic materials for soft tissue regeneration, and achieved some representative results. To showcase the latest research progress of Chinese research teams in the application of inorganic biomaterials to soft tissues regeneration including skin, nerves, myocardium, *etc.*, and attract more researchers to participate in the basic research and clinical translation of inorganic biomaterials, Prof. Chang Jiang and I are invited by the editorial office of *Journal of Inorganic Materials* to serve as guest editors for a special issue on the theme of "Inorganic Biomaterials for Soft Tissue Regeneration". This special issue includes review articles on the latest researches from well-known teams, including Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an Jiaotong University, Sichuan University, Shanghai Normal University, *etc.*, covering many interesting aspects such as vascularized skin regeneration, hair follicle regeneration, innervated tissue regeneration, myocardial regeneration, and organoid development.

We hope that this special issue can help researchers gain a deeper understanding of the latest developments and broad application prospects of inorganic biomaterials in the field of soft tissue regeneration, and promote close collaboration among researchers from various fields and disciplines to jointly advance the development of inorganic biomaterial science. We expect that more innovative inorganic bioactive materials will emerge to solve numerous clinical problems related to soft tissue regeneration in the future, ensuring human life safety and health.

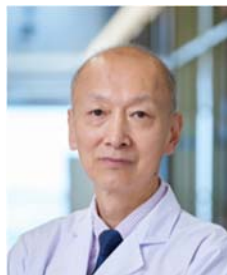
文章编号: 1000-324X(2025)08-0847-02



吴成铁, 二级研究员, 博士生导师, 国际生物材料科学与工程学会联合会生物材料科学与工程会士。获国家杰出青年科学基金、中组部 WR 计划领军、科技部中青年领军人才、国家海外高层次人才计划(青年类)、中国科学院海外人才计划、上海优秀学科带头人等。主要从事生物材

料与 3D 打印方面的研究。主持承担“十二五”863 计划、“十三五”和“十四五”国家重点研发计划项目、基金委重点项目、载人空间站工程空间科学与应用项目、jwkw 基础加强等国家与省部级项目。国际学术期刊 *BME Front.* 共同主编、《无机材料学报》副主编、*Acta Biomater.* 和 *Bioact. Mater.* 编委。在 *Adv. Mater.*、*Sci. Adv.*、*Natl. Sci. Rev.*、*Matter*、*Nano Today*、*Adv. Sci.* 和 *Biomaterials* 等学术期刊发表 SCI 论文 340 余篇, 他引 25700 余次, H 因子 100, 2015—2024 年连续十年入选 Elsevier “中国高被引用学者”。申请专利 85 项, 其中 49 项中国专利及 2 项美国专利(PCT)授权、26 项专利技术实现企业转让。担任国际组织工程与再生医学学会亚太分会(TERMIS-AP)理事、中国生物材料学会理事、中国生物材料学会生物陶瓷分会副主任委员、中国生物材料学会科普委员会分会主任委员等。获得英国皇家化学会 JMC-Lectureship 奖、国际材联 IUMRS Young Scientists 奖、中国生物材料学会优秀青年科学家奖、中国硅酸盐学会青年科技奖、中国生物材料学会科技一等奖和黄家驷生物医学工程奖等荣誉。

E-mail: chengtiewu@mail.sic.ac.cn



常江, 博士, 二级研究员, 博士生导师, 国际生物材料学会联合会会士、英国皇家化学会会士、美国医学与生物工程学会会士、国际可注射骨和关节生物材料学会副主席、中国生物材料学会常务理事。入选中国科学院海外人才计划(2000 年), 曾任国家自然科学基金委医学部第

三/四届专家咨询委员会委员、中国生物材料学会生物陶瓷分会第一任主任委员、中国生物材料学会再生医学材料分会副主任委员、上海生物材料学会副主任委员、英国皇家化学会期刊 *Journal of Materials Chemistry B* 副主编。获德国达姆施塔特工业大学博士学位, 曾任新西兰奥克兰大学研究员、美国纽约大学研究助理教授、美国强生公司研发科学家、中国科学院上海硅酸盐研究所首席研究员、上海交通大学兼职教授、国科温州研究院研究员、国家重点研发计划项目负责人。研究领域为生物医用材料及其在组织再生、器官修复、疾病治疗中的应用。主持和完成 20 多项国家和省部级项目, 包括国家 973 项目, 科技部重点研发计划项目, 国家自然科学基金委重大、重点项目, 上海市重大项目, 中国科学院 A 类先导专项, 中国科学院重要方向性项目, 国家自然科学基金委、中国科学院、上海市国际合作项目等。发表学术论文 510 余篇, 引用超过 38000 次, H 因子 113。主编英文专著 3 部, 获授权发明专利 80 余项, 5 项专利技术实现转化。2016 年受邀作世界生物材料大会特邀报告。曾获新西兰杰出华人成就奖、中国侨界贡献奖、国务院政府特殊津贴、全国归侨侨眷先进个人、中国科学院“朱李月华”优秀教师奖、中国生物材料学会科学技术一等奖、中国生物医学工程学会黄家驷生物医学工程二等奖、上海市科技进步二等奖。

E-mail: jchang@mail.sic.ac.cn