

· 综述 ·

镁支架在骨组织工程中应用现状[△]

陈立夫, 汪健*, 王洪

(贵州医科大学附属医院骨科及运动医学科, 贵州贵阳 550001)

摘要: 镁拥有与人体骨骼相似的机械性能, 在生理环境中镁离子是人体必需的微量元素, 它能在人体内以安全和可控的方式降解和吸收。因此, 镁支架被视为具有良好生物相容性和可生物降解的支架备选材料之一。随着制造工艺的不断发展, 多孔镁合金支架有望成为一种最有前途的支架替代材料。本综述涵盖了对镁支架的性能、制备技术、表面改性、合金化和生物学特性的研究进展。此外, 还讨论了镁支架的应用、挑战和未来发展趋势。

关键词: 镁金属, 生物降解, 多孔支架, 组织工程

中图分类号: R68 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 21-1986-05

Current application of magnesium scaffolds in bone tissue engineering // CHEN Li-fu, WANG Jian, WANG Hong. Department of Sports Medicine, Affiliated Hospital, Guizhou Medical University, Guiyang 550001, China

Abstract: Magnesium has similar mechanical properties to human bones, and magnesium ion is an essential trace element in the physiological environment, which can be degraded and absorbed in a safe and controlled manner in the human body. Therefore, magnesium are considered as one of the candidate materials for implant with good biocompatibility and biodegradation. With the continuous development of manufacturing technology, porous magnesium alloy is expected to become the most promising alternative material for making scaffold implant. This review covers the research progress on the properties, preparation techniques, surface modification, alloying and biological properties of magnesium scaffolds. In addition, applications, challenges and future trends of the magnesium implant are discussed.

Key words: magnesium metal, biodegradation, porous scaffold, tissue engineering

金属支架因其适宜的机械性能而被用于骨组织工程。在各种金属材料中, 镁拥有与人体骨骼相似的机械性能, 在生理环境中镁离子是人体必需的微量元素, 它能在人体内以安全和可控的方式降解和吸收^[1]。因此, 镁支架被视为具有良好生物相容性和可生物降解的支架备选材料之一^[2-5]。随着制造工艺的不断发展, 多孔镁合金支架有望成为一种最有前途的支架替代材料^[6, 7]。最近研究者试图以镁为基础, 添加锌、钙、锰、稀土等各种元素形成镁合金, 并通过表面改性来控制它的腐蚀速度以及加入孔隙率来使支架与骨组织更加适宜的结合^[8-10]。理想的骨组织工程支架不仅要具有良好的生物相容、可生物降解及高机械强度等能力, 还要具有多孔性, 允许细胞迁移、血管形成和营养输送^[11, 12]。在现有的支架中想要同时满足这些特性是一种挑战。

1 镁支架的优缺点

镁作为医用生物材料已有 100 多年的历史, 过去由于冶金技术水平低及生产工艺的限制, 镁被其他惰性金属材料所代替。随着科学技术的进步, 镁再次回归人们的视野^[13]。与其他材料相比镁的优点为: (1) 拥有适宜的机械性能与生物相容性; (2) 具有可生物降解性和医学安全性; (3) 镁离子对人体内几乎所有的新陈代谢活动都起着重要作用; (4) 镁分解的副产物可以被巨噬细胞安全地摄取并通过尿液排出, 不会危及生理功能^[1, 11, 13]。与此同时, 镁的主要缺点是耐腐蚀性较差, 过快的腐蚀速率会对支架的机械稳定性产生不利影响^[14], 不仅如此, 镁的快速腐蚀会产生大量的氢气, 从而改变置入物周围区域的 pH 并

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.21.12

[△]基金项目:贵州省科学技术基金项目(编号:黔科合基础-ZK[2021]一般 112);贵州省卫生健康委员会科学技术基金项目(编号:gzwjkj2020-1-121);贵州省中医药管理局中医药、民族医药科学技术专项项目(编号:QZYY-2020-062)

作者简介:陈立夫, 硕士, 研究方向:关节置换, (电话)15689097252, (电子信箱)chenlifufu6112@163.com

* 通信作者:汪健, (电话)13765006327, (电子信箱)doewj11@163.com

影响正常的生理过程^[15-17]。这些不利影响都需要采取相关的措施来控制。

2 镁支架的一般性能和评估

2.1 机械性能

用于骨组织工程的支架必须要有足够的强度来承受生理负荷^[2]。支架与骨组织的杨氏模量相差太大会引起应力屏蔽,从而导致支架松动、迁移、产生裂缝;因此支架必须具有与骨组织相匹配的机械性能。孔隙可以增加支架与骨结构的相似性,从而促进新生组织向内生长,从而降低应力屏蔽,但孔隙率也会损害支架的机械性能^[18, 19]。Bonithon等^[10]通过研究多孔镁支架的形态和力学性能得出结论:支架中小孔隙的存在有助于传递载荷,防止在纤维水平上的微裂纹形成;同时,孔隙率也与支架的整体力学行为密切相关,总体孔隙率低于40%~42%的镁结构往往更脆,常沿着最大剪切应力的方向出现裂纹;在支架的孔隙率达到50%~60%时,可获得更好的力学性能^[10]。

2.2 生物腐蚀性

镁在水溶液中的腐蚀会生成氢氧化镁和氢气,随后与二氧化碳反应生成碳酸镁或与磷酸盐反应生成磷酸镁。氢气是一种抗氧化剂,适量的氢气可以减轻氧化应激引起的细胞损伤。降解产生的氢氧化镁可以覆盖在置入物表面,从而形成保护层,减少镁支架的腐蚀^[15, 20, 21]。虽然纯镁的腐蚀速度很快,但通过合金化、表面改性等方法,能显著降低镁支架的腐蚀率^[9, 22]。相关研究表明,高纯度镁支架的腐蚀率通常为0.9 mm/年,而WZ31合金为13 mm/年,Z4与WZ62合金为2.3 mm/年不等,导致这种结果的主要原因是:当铸造的镁合金中的杂质含量超过允许的极限时,腐蚀率就会变高;例如,极高纯度的WZ31合金腐蚀率为0.35~0.55 mm/年,而镁合金支架的腐蚀率最好被控制在<0.5 mm/年^[9]。Hartjen等^[17]将等离子体电解氧化处理的WE43合金与未处理的WE43合金相比较,结果表明:前者两周后的氢气释放量降低了40.7%,说明PEO/WE43腐蚀速率显著降低,并拥有更好的生物相容性^[17]。在减少腐蚀率方面,未来的方向主要是继续提高合金的纯度和生产更加均匀的微观结构。

2.3 细胞毒性

新开发材料的毒性通常是由不同的生物相容性实验来确定的,比如提取实验、直接接触、间接接触实验等。由于目前在体外还不能完美地复刻体内复杂的生

理条件以及置入物与体内组织之间的相互作用,因此现用于评估细胞和镁支架之间相互作用的方法,主要是稀释条件下的提取物测定法^[23]。Jin等^[21]研究了Mg-2.1Nd-0.2Zn-0.5Zr合金衍生的可降解颗粒(degradable particles, DPs)对巨噬细胞的细胞毒性,结果表明:DPs会呈剂量依赖性地降低巨噬细胞的活性,DPs通过异噬被巨噬细胞吞噬并在吞噬小体中进一步降解,但暴露于DPs中的巨噬细胞并没有线粒体功能障碍的迹象。张涛等^[24]通过对AZ31B合金与兔骨骼肌的细胞增殖实验结果表明:支架的毒性可能是由于pH值升高引起,调节PH值后毒性变为0。这些结果将增强人们对体内镁合金支架代谢途径的认识,并更好地理解镁基置入物对人体的影响。

2.4 体内评估

即使采用ISO标准评价多孔镁支架的体外生物相容性,但体外环境并不能完全模拟真实的生理状况,恶劣的环境也可能导致细胞因渗透休克而致死。众所周知,在体内环境中主动转运过程会稀释置入物周围离子浓度。因此,评估多孔镁支架的体内生物相容性是了解其骨折愈合效果以及对周围组织影响的必要条件。另外,宿主组织对支架的反应、炎症反应、新骨生长方面也是支架设计时应考虑的关键体内参数^[23]。He等^[20]将纯镁置入大鼠骨槽后发现其能诱导牙槽嵴皮质骨和松质骨形成,细胞外较高的镁离子浓度可提高骨髓间充质干细胞的增殖率和成骨能力^[20]。Munteanu等^[8]将Mg-0.5Ca-xMn合金置入大鼠的腰椎和大腿进行体内研究,60 d后置入物周围出现了大量的胶原纤维和高细胞密度,表明其吸收过程较为强烈,但没有发现置入物周围组织坏死。证明该材料具有良好的耐受性和组织相容性。

3 设计和生产方法

目前,镁支架的制造技术大致可分为粉末冶金、铸造和增材制造技术(3D打印)。在过去几十年中,空间保持技术在粉末冶金中得到了广泛的研究,相对而言,增材制造则是一种新兴的制备多孔镁支架的技术^[23]。

3.1 粉末冶金与空间保持技术

粉末冶金是一种制备多孔镁支架的传统方法,但通过粉末冶金获得最大孔隙率是有限的。为了获得更高的孔隙率及受控的多孔结构,研究者们发现可以将粉末冶金与空间保持技术结合起来。在空间保持技术中,支架的制造可以通过将镁粉与至孔剂混合来完

成, 至孔剂是临时颗粒, 在支架中充当孔隙形成剂^[23]。Dutta等^[23]在粉末冶金过程中使用球形萘颗粒作为空间保持剂, 制造了具有互连的多孔结构的镁合金支架。通过扫描数据显示, 支架的孔径约为60 μm, 抗压强度为24~184 MPa, 并且抗压强度会随着至孔剂浓度的升高而下降。

3.2 盐浸法

该技术主要使用氯化钠作为盐模版, 因其是一种丰富的、无毒的模板材料, 不需要有机溶剂就能溶解于水。除此之外, 氯化钠的生物相容性、高热性及稳定的化学也使得它适用于广泛的支架材料^[19]。Kleger等^[19]开发了一种新技术, 首先将盐颗粒进行功能化后形成了稳定的氯化钠糊状物, 然后将这种糊状物通过墨水直写3D打印技术制备成具有特定结构孔隙率的盐模版。最后将盐模版进行干燥和烧结, 使其有足够的机械强度来承受熔融镁的渗透。待熔融镁固化后, 再用氢氧化钠水溶液对盐模版进行洗涤, 最终获得多孔镁支架。支架的孔径是由盐模版的原始盐颗粒或盐聚集体的大小来决定的^[19, 23]。

3.3 增材制造技术(3D打印)

Dong等^[18]提出了一种基于室温挤压的增材制造方法, 即溶剂浇铸3D打印(solvent-cast 3D printing of magnesium scaffolds, SC-3DP), 用于制备拓扑有序的多孔镁支架。它主要由3个步骤组成: 首先是制备所需流变性能的负载镁粉的墨水, 然后将墨水与挥发性溶剂组成的粘结剂混合在一起以形成具有0°/90°/0°层的支架, 最后使用脱脂和烧结以去除油墨中的粘合剂, 使得镁粉末颗粒融合, 从而得到镁支架。通过分析证明所形成的镁支架具有高孔隙率, 含有分层且相互连接的孔隙。这项研究首次证明SC-3DP技术为制造镁多孔支架提供了前所未有的可能性^[18]。

4 合金化与表面改性

镁支架的主要缺点是腐蚀迅速且不均匀, 腐蚀速率快于吸收速率极易形成氢气空腔, 大量的氢气还会损害宿主组织, 这些因素均限制了镁作为骨科植入物的应用^[25]。因此, 为了解决镁支架的长期安全性问题, 合金化和表面改性是行之有效的方法^[23, 26]。

目前有多种镁合金支架被用于骨组织工程的研究, 比如Mg-0.5Ca-xMn^[8], Mg-Zn-Mn^[9], 2.1Nd-0.2Zn-0.5Zr^[21], WE43^[26], AZ31^[24]等。钙、锌和锰等元素的使用已被证明对人体无毒^[4]。WE43支架中含有钇和稀土, 相关研究表明它的毒性较小, 并能在

四周内保持结构刚性^[26]。锶是天然骨中存在的微量元素, 能促进成骨细胞的分化, 阻碍破骨细胞的生长和增殖^[27]。表面改性是为了避免腐蚀介质与镁支架的直接接触, 从而起到延长其寿命的作用; 但在一些复杂的环境中, 仅采用物理屏障可能无法满足镁支架的长期存活。这种情况下, 赋予涂层适当的功能特性, 如超疏水性和自愈性则是至关重要的^[9]。如果涂层同时具有超疏水性和自愈特性, 即一种自我修复的超疏水涂层, 这会是一种进一步提高镁支架耐腐蚀性的方法。实现多种功能之间相互协调、相互促进是功能性自愈超疏水涂层的重要方向, 这可能是一种很有前途的改性方法^[9, 14]。合金化和表面改性能增加镁支架的刚性和降低腐蚀速率, 提升了多孔镁支架在骨组织工程中的应用潜能。

5 应用

与传统的金属支架相比, 镁支架的优势在于可在体内完全降解来避免了二次手术的损伤, 有助于降低手术成本与健康风险, 从而提高患者的依从性^[11, 12, 26]。然而从上世纪中期到21世纪初, 文献中并没有相关临床试验的研究报道, 原因是可以通过不锈钢、钛合金等惰性金属材料的成功使用以及镁金属在体内快速腐蚀的缺点尚未攻克^[12, 28]。在过去十几年中, 研究者在开发新型骨科生物材料的同时, 对镁金属重新产生了兴趣: Yu等^[29]研究了纯镁在股骨头中的应用; Plaass等^[30]使用MgYREZr螺钉用于治疗脚趾外翻; Lee等^[31]将Mg-Ca-Zn螺钉用于治疗手部骨折。最近, Xie等^[32]使用CaP涂层的新型医用可降解镁合金(Jiao Da bio-magnesium, JDBM)螺钉治疗内踝骨折, 这是第1次研究镁基置入物涂层的临床试验。与此同时, Zhao等^[33]制备了聚多巴胺涂层的JDBM支架, 发现它不仅可以促进软骨形成, 还可以有效地减轻局部炎症反应, 证明JDBM是治疗骨性关节炎引起的软骨缺损的理想材料。目前只有镁合金螺钉在临床上得到了应用, 3D打印含镁生物材料大部分还处于实验室研究或临床研究阶段^[22]。

6 展望

多孔镁支架的研究已有多年历史, 它们是为了克服惰性金属置入物的局限性而开发的。镁支架在组织工程中的应用才刚刚开始, 还需大量的研究去开发新的制造技术来满足临床的要求。推进该领域的第一步

则是通过使用合金化、表面改性等方法来控制镁支架在宿主体内的降解速度。尽管目前镁支架的体外静态降解已有了许多的研究,但是体内动态的生物降解却很少有报道。因此,未来需要加强对镁支架在生理环境中动态演变的研究,未来的研究方向还包括了解孔隙率对腐蚀和力学性能的影响、多孔结构中的细胞再生和组织愈合、控制支架降解率等。此外,将镁支架与生物聚合物、生物陶瓷和药物等结合也代表了一种有前途的研究途径。

参考文献

- [1] Al Alawi AM, Al Badi A, Al Huraizi A, et al. Magnesium: The recent research and developments [J]. *Adv Food Nutr Res*, 2021, 96: 193–218. DOI: 10.1016/bs.afnr.2021.01.001.
- [2] Xue J, Singh S, Zhou Y, et al. A biodegradable 3D woven magnesium-based scaffold for orthopedic implants [J]. *Biofabrication*, 2022, 14 (3) : 034107. DOI: 10.1088/1758-5090/ac73b8.
- [3] Gu X, Li Y, Qi C, et al. Biodegradable magnesium phosphates in biomedical applications [J]. *J Mater Chem B*, 2022, 10 (13) : 2097–2112. DOI: 10.1039/d1tb02836g.
- [4] Lu Y, Deshmukh S, Jones I, et al. Biodegradable magnesium alloys for orthopaedic applications [J]. *Biomater Transl*, 2021, 2 (3) : 214–235. DOI: 10.12336/biomatertransl.2021.03.005.
- [5] Kamrani S, Fleck C. Biodegradable magnesium alloys as temporary orthopaedic implants: a review [J]. *Biometals*, 2019, 32 (2) : 185–193. DOI: 10.1007/s10534-019-00170-y.
- [6] Chen Y, Dou J, Yu H, et al. Degradable magnesium-based alloys for biomedical applications: The role of critical alloying elements [J]. *J Biomater Appl*, 2019, 33 (10) : 1348–1372. DOI: 10.1177/0885328219834656.
- [7] Sun L, Li X, Xu M, et al. In vitro immunomodulation of magnesium on monocytic cell toward anti-inflammatory macrophages [J]. *Regen Biomater*, 2020, 7 (4) : 391–401. DOI: 10.1093/rb/rbaa010.
- [8] Munteanu C, Vlad DM, Sindilar EV, et al. Novel Mg–0.5Ca–xMn biodegradable alloys intended for orthopedic application: an in vitro and in vivo study [J]. *Materials (Basel)*, 2021, 14 (23) : 7262. DOI: 10.3390/ma14237262.
- [9] Merson D, Brilevsky A, Myagkikh P, et al. The functional properties of Mg–Zn–X biodegradable magnesium alloys [J]. *Materials (Basel)*, 2020, 13 (3) : 544. DOI: 10.3390/ma13030544.
- [10] Bonithon R, Kao AP, Fernández MP, et al. Multi-scale mechanical and morphological characterisation of sintered porous magnesium-based scaffolds for bone regeneration in critical-sized defects [J]. *Acta Biomater*, 2021, 127: 338–352. DOI: 10.1016/j.actbio.2021.03.068.
- [11] Ali F, Kalva SN, Koç M. Additive manufacturing of Polymer/Mg-Based composites for porous tissue scaffolds [J]. *Polymers (Basel)*, 2022, 14 (24) : 5460. DOI: 10.3390/polym14245460.
- [12] Parai R, Bandyopadhyay–Ghosh S. Engineered bio-nanocomposite magnesium scaffold for bone tissue regeneration [J]. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2019, 96: 45–52. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2019.04.019.
- [13] Herber V, Okutan B, Antonoglou G, et al. Bioresorbable magnesium-based alloys as novel biomaterials in oral bone regeneration: general review and clinical perspectives [J]. *J Clin Med*, 2021, 10 (9) : 1842. DOI: 10.3390/jcm10091842.
- [14] Dong Q, Zhou X, Feng Y, et al. Insights into self-healing behavior and mechanism of dicalcium phosphate dihydrate coating on biomedical Mg [J]. *Bioact Mater*, 2020, 6 (1) : 158–168. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2020.07.019.
- [15] Bonithon R, Lupton C, Roldo M, et al. Open-porous magnesium-based scaffolds withstand in vitro corrosion under cyclic loading: a mechanistic study [J]. *Bioact Mater*, 2022, 19: 406–417. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2022.04.012.
- [16] Jing X, Ding Q, Wu Q, et al. Magnesium-based materials in orthopaedics: material properties and animal models [J]. *Biomater Transl*, 2021, 2 (3) : 197–213. DOI: 10.12336/biomatertransl.2021.03.004.
- [17] Hartjen P, Wegner N, Ahmadi P, et al. Toward tailoring the degradation rate of magnesium-based biomaterials for various medical applications: assessing corrosion, cytocompatibility and immunological effects [J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22 (2) : 971. DOI: 10.3390/ijms22020971.
- [18] Dong J, Li Y, Lin P, et al. Solvent-cast 3D printing of magnesium scaffolds [J]. *Acta Biomater*, 2020, 114 : 497–514. DOI: 10.1016/j.actbio.2020.08.002.
- [19] Kleger N, Cihova M, Masania K, et al. 3D printing of salt as a template for magnesium with structured porosity [J]. *Adv Mater*, 2019, 31 (37) : e1903783. DOI: 10.1002/adma.201903783.
- [20] He W, Zhang H, Qiu J. Osteogenic effects of bioabsorbable magnesium implant in rat mandibles and in vitro [J]. *J Periodontol*, 2021, 92 (8) : 1181–1191. DOI: 10.1002/JPER.20-0162.
- [21] Jin L, Chen C, Jia G, et al. The bioeffects of degradable products derived from a biodegradable Mg-based alloy in macrophages via heterophagy [J]. *Acta Biomater*, 2020, 106: 428–438. DOI: 10.1016/j.actbio.2020.02.002.
- [22] Sarian MN, Iqbal N, Sotoudehbagha P, et al. Potential bioactive coating system for high-performance absorbable magnesium bone implants [J]. *Bioact Mater*, 2021, 12: 42–63. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2021.10.034.
- [23] Dutta S, Roy M. Recent developments in engineered magnesium scaffolds for bone tissue engineering [J]. *ACS Biomater Sci Eng*, 2023, 9 (6) : 3010–3031. DOI: 10.1021/acsbomaterials.2c01510.
- [24] 张涛, 尹庆水, 夏虹, 等. 镁合金 AZ31B 对骨骼肌细胞黏附及增殖的影响 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2012, 20 (22) : 2074–2077. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2012.22.17.
- Zhang T, Yin QS, Xia H, et al. Influence of magnesium alloy AZ31B on skeletal muscle cells adhesion and proliferation [J]. *Orthop J Chin*, 2012, 20 (22) : 2074–2077. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2012.22.17.

- [25] Hiromoto S, Itoh S, Noda N, et al. Osteoclast and osteoblast responsive carbonate apatite coatings for biodegradable magnesium alloys [J]. *Sci Technol Adv Mater*, 2020, 21 (1) : 346-358. DOI: 10.1080/14686996.2020.1761237.
- [26] Karunakaran R, Ortgies S, Tamayol A, et al. Additive manufacturing of magnesium alloys [J]. *Bioact Mater*, 2020, 5 (1) : 44-54. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2019.12.004.
- [27] Park JE, Jang YS, Choi JB, et al. Evaluation of corrosion behavior and in vitro of strontium-doped calcium phosphate coating on magnesium [J]. *Materials (Basel)*, 2021, 14 (21) : 6625. DOI: 10.3390/ma14216625.
- [28] 谷雅. 骨科金属内置物材料的生物学特性及应用进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (6) : 536-539. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.06.12.
Gu Y. Biological characteristics and research progress of metallic materials implant in orthopaedic application [J]. *Orthop J Chin*, 2016, 24 (6) : 536-539. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.06.12.
- [29] Yu X, Zhao D, Huang S, et al. Biodegradable magnesium screws and vascularized iliac grafting for displaced femoral neck fracture in young adults [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2015, 16 : 329. DOI: 10.1186/s12891-015-0790-0.
- [30] Plaass C, Ettinger S, Sonnow L, et al. Early results using a biodegradable magnesium screw for modified chevron osteotomies [J]. *J Orthop Res*, 2016, 34 (12) : 2207-2214. DOI: 10.1002/jor.23241.
- [31] Lee JW, Han HS, Han KJ, et al. Long-term clinical study and multiscale analysis of in vivo biodegradation mechanism of Mg alloy [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2016, 113 (3) : 716-721. DOI: 10.1073/pnas.1518238113.
- [32] Xie K, Wang L, Guo Y, et al. Effectiveness and safety of biodegradable Mg-Nd-Zn-Zr alloy screws for the treatment of medial malleolar fractures [J]. *J Orthop Translat*, 2021, 27 : 96-100. DOI: 10.1016/j.jot.2020.11.007.
- [33] Zhao J, Wu H, Wang L, et al. The beneficial potential of magnesium-based scaffolds to promote chondrogenesis through controlled Mg²⁺ release in eliminating the destructive effect of activated macrophages on chondrocytes [J]. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 2022, 18 : 112719. DOI: 10.1016/j.msec.2022.112719.
- (收稿:2022-10-18 修回:2023-09-14)
(同行评议专家: 李丹, 骆苏红, 胡春宁)
(本文编辑: 宁桦)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

关于建立《中国矫形外科杂志》同行评议专家库的通知

为促进期刊更好的发展, 服务于国家医疗卫生事业和全民健康, 更广泛的动员骨科及相关专业人员参与本刊建设, 公开公正、高效及时的处理作者来稿, 以不断提升本刊影响力、公信力和学术质量, 并动态化更新发展本刊编辑委员会, 现决定逐步建立与完善《中国矫形外科杂志》同行评议专家库。采用个人申请、所在单位同意、动态考察的方法逐步推开。

凡从事骨科及相关临床、康复、护理、教学、基础研究和医疗辅助工作 10 年以上、副高级职称或获得博士学位人员均可报名。本刊原有编辑委员亦应申报入库。可在本刊远程投稿系统 (<http://jxwk.ijournal.cn>) 下载申请表, 填写并加盖所在单位公章后, 制成 PDF 文件, 上传至本刊电子信箱: jxwxms@126.com, 完成入库。编辑部将依据您的专业特长, 向您分发需审阅评议的稿件。

此项评议工作为志愿性, 但您的工作会在本刊留下有价值的印迹。专家库采用动态管理, 将根据评议质量、效率和工作量作为改选进入或再次当选编委的依据。

《中国矫形外科杂志》编辑部
2021 年 1 月 30 日