DOI:10.3969/j.issn.2097-7948.2026.01.020

· 综述 ·

骨折后骨再生与中药干预机制

庞宇凡[1,4],李津津[2],韩晓菲[1,4],陈吕超[1,4],李浩琪[1,4],徐旭[3,4,5*]
[1]天津中医药大学,天津 301617
[2]天津市武清区中医医院,天津 301700
[3]天津健嘉康复医院,天津 300192
[4]天津市证候医学检验实验室,天津 300301
[5]天津柳叶峰智能慢病医疗技术有限公司,天津 300301

摘要:骨折是主要外伤之一,骨折的愈合离不开骨组织再生。骨折后骨再生机制与成纤维细胞生长因子(FGF)、血小板衍生生长因子(PDGF)、Wnt/β-catenin 及血管内皮生长因子(VEGF)等多条信号通路在时间和空间方面协同调控骨髓间充质干细胞(BMSCs)的成骨分化、血管生成密切相关。中医药治疗骨折以“活血化瘀、接骨续筋、补肾壮骨”为治疗原则,呈现多成分、多靶点综合治疗的特点。文章从骨折愈合的病理生理过程出发,系统梳理了参与促进骨再生的关键信号通路及其交互作用,并从中药单体化合物、单味药材提取物和中药复方三个研究层面,阐述活血、补血、补肾类中药干预骨再生的作用机制和临床证据,为临床更精准地应用中药治疗骨折疾病提供参考。

关键词:骨折;骨再生;中药;分子机制;信号通路
中图分类号:R683

基金项目:天津市武清区卫生健康科研计划项目(WQWJ202409)
*通信作者
利益冲突:作者均声明无利益冲突
伦理批件:不需要
知情同意:不需要
引用本文:庞宇凡,李津津,韩晓菲,等.骨折后骨再生与中药干预机制[J].再生医学研究,2026,1(1):42-56. doi:10.3969/j.issn.2097-7948.2026.01.020.

Mechanisms of bone regeneration and traditional Chinese medicine intervention after fracture

PANG Yufan[1,4], LI Jinjin[2], HAN Xiaofei[1,4], CHEN Lyuchao[1,4], LI Haoqi[1,4], XU Xu[3,4,5*]
[1]Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China
[2]Tianjin Wuqing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301700, China
[3]Tianjin Jianjia Rehabilitation Hospital, Tianjin 300192, China
[4]Tianjin Syndrome Medical Testing Laboratory, Tianjin 300301, China
[5]Tianjin Liuyefeng Intelligent Chronic Disease Medical Technology Co., Ltd., Tianjin 300301, China

Abstract: Fracture is one of the major traumatic injuries, and its healing process is inseparable from bone tissue regeneration. The mechanisms underlying bone regeneration after fracture are closely associated with the spatiotemporal coordination of multiple signaling pathways,

Fund program: Wuqing District Health Research Center, Tianjin City Planned Project (Project Number: WQWJ202409)
*Corresponding author
Conflicts of interest: Authors all declare no conflicts of interest.
Ethical approval: not required.
Informed consent: not required.
Cite this article: Pang YF, Li JJ, Han XF, *et al*. Mechanisms of bone regeneration and traditional Chinese medicine intervention after fracture[J]. Zaisheng Yixue Yanjiu, 2026, 1(1): 42-56. doi: 10.3969/j.issn.2097-7948.2026.01.020.

including fibroblast growth factor (FGF), platelet-derived growth factor (PDGF), Wnt/β-catenin, and vascular endothelial growth factor (VEGF), in regulating the osteogenic differentiation of bone marrow mesenchymal stem cells (BMSCs) and angiogenesis. Traditional Chinese medicine (TCM) treats fractures based on the therapeutic principles of activating blood circulation to resolve stasis, reconnecting tendons and bones, and tonifying the kidney to strengthen bone, exhibiting the characteristics of multi-component and multi-target comprehensive therapy. Beginning with the pathophysiological process of fracture healing, this article systematically reviews the key signaling pathways involved in promoting bone regeneration and their interactions, and elaborates on the mechanisms of action and clinical evidence of blood-activating, blood-tonifying, and kidney-tonifying TCMs in intervening in bone regeneration from three research levels: TCM monomer compounds, single herbal extracts, and TCM compound formulas, aiming to provide a reference for the more precise clinical application of TCM in the treatment of fracture diseases.

Key words: Fracture; Bone regeneration; Traditional Chinese medicine; Molecular mechanism; Signaling pathway

随着我国城市化进程的快速发展,建筑业高空坠落和交通事故造成的骨折概率大幅增加,并呈现出年轻化及高致残率的特点。同时,随着人口老龄化,老年人骨质疏松引起的骨折也大幅增加[1]。骨折愈合从生理学变化上依次经历血肿机化期、原始骨痂形成期、骨痂改造塑形期,最终通过骨再生恢复其原有的骨结构和性能[2]。骨再生能力受到患者年龄、骨折部位与类型、局部血供、营养状况以及全身健康情况等影响。此外,随着分子生物学的快速发展,骨折愈合在分子、基因层面的研究也取得了长足发展。在许多难治性骨折疾病中,中医药发挥了重要的作用,表现出突出的治疗效果。研究骨折后骨再生机制及中药的干预机制,对临床治疗骨折疾病、促进患者康复具有现实意义。

1　骨折愈合的病理生理过程

骨折愈合是一个复杂的生物学再生过程,其现代病理生理学机制可划分为 4 个连续且部分重叠的阶段[3]。

首先为血肿形成与炎症期,发生于骨折后数小时至数天内。骨折造成局部血管破裂,血液积聚并凝固形成血肿。血小板被激活后释放肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor-alpha, TNF-α)、白细胞介素(interleukin, IL)-1 等多种炎症因子,启动急性炎症反应,吸引中性粒细胞和巨噬细胞迁移至损伤区域,主要负责清除坏死组织碎片。同时,这些炎症细胞也分泌血小板衍生生长因子(platelet-derived growth factor, PDGF)、成纤维细胞生长因子(fibroblast growth factor, FGF)等关键信号分子,为后续修复过程提供分子基础。伤后 2 ~ 3 周进入纤维性骨痂形成期,骨外膜和骨内膜的骨髓间充质干细胞(bone marrow mesenchymal stem cells, BMSCs)被激活,分化为成纤维细胞和软骨母细胞,这些细胞侵入并取代血肿形成肉芽组织。该组织逐渐转化为纤维结缔组织,初步桥接骨折断端形成纤维连接,在血供相对较差区域开始出现软骨形成。伤后 4 ~ 12 周为骨性骨痂形成期,主要通过两种方式形成硬骨痂:一种是膜内成骨,骨外膜下成骨细胞直接分泌类骨质,经矿化钙化形成编织骨,构成外骨痂和内骨痂;另一种是软骨内成骨,发生于纤维软骨痂区,软骨钙化被破骨细胞降解吸收,成骨细胞在残留软骨支架上沉积编织骨进行取代。此时骨折达临床愈合,X 线可见梭形骨痂连接断端。最后为骨痂改建与塑形期,持续数月至数年。依照沃尔夫定律[4],骨骼依力学负荷进行重建,破骨细胞吸收非受力方向的骨痂,成骨细胞则沿应力线沉积板层骨,逐步恢复骨髓腔通畅性和骨皮质正常结构。

2 骨再生的分子机制

骨再生的连续过程中，FGF、PDGF、Wnt/β-catenin及血管内皮生长因子（vascular endothelial growth factor，VEGF）等信号通路在时间和空间上精密协同，构成骨再生的核心分子调控网络。

2.1 FGF 信号通路

FGF 家族是调控骨发育与再生的关键信号分子之一，其成员通过结合细胞表面酪氨酸激酶受体，激活下游多条信号级联反应。在骨折愈合过程中，FGF 信号主要通过丝裂原活化蛋白激酶（mitogen-activated protein kinase，MAPK）通路、磷脂酰肌醇 3-激酶（phosphatidylinositol 3-kinase，PI3K）/蛋白激酶 B（protein kinase B，AKT）及蛋白激酶 C（protein kinase C）等途径介导细胞增殖与分化[5]。研究[6]发现，FGF-2 激活的 p38 MAPK 和 c-Jun 氨基末端激酶（c-Jun N-terminal kinase，JNK）通路可正向调控成骨细胞分泌骨保护素（osteoprotegerin，OPG），进而抑制破骨细胞介导的骨吸收，为理解 FGF 在骨代谢平衡中的双重作用提供了新的分子机制。

FGF 家族成员在骨折修复中呈现时空特异性表达模式。Kawaguchi 等[7]通过动物实验证实，FGF-2 作为骨和软骨细胞功能的重要调节剂，由成骨细胞产生并储存于骨基质中，通过自分泌或旁分泌方式促进成骨细胞与软骨细胞增殖分化。FGF-2 还可通过调控 RhoA/ROCK 信号影响 BMSCs 的血管内皮分化，在组织工程骨移植中发挥促血管生成作用[8]。FGF 信号与其他成骨相关通路的交互作用亦值得关注，研究[9]表明 FGF-2 可增强骨形态发生蛋白-2（bone morphogenetic protein-2，BMP-2）诱导的成骨效应，并与 Wnt 信号协同调控成骨分化，这种多通路交互网络共同构成了骨折愈合的精细调控基础。

2.2 PDGF 信号通路

PDGF 是由血小板、巨噬细胞等多种细胞合成并分泌的二聚体糖蛋白，在骨折愈合早期发挥启动与协调作用。PDGF 不仅能够直接趋化成骨细胞与破骨细胞前体至损伤部位，刺激其增殖分化，还可通过诱导巨噬细胞活化，间接调控胰岛素样生长因子、转化生长因子-β（transforming growth factor-beta，TGF-β）等其他生长因子的级联释放，从而构建起促进骨再生的细胞因子网络[10]。

在 SD 大鼠颅骨缺损模型中，PDGF-BB 复合磷酸三钙材料可促进骨缺损修复，新生骨体积定量结果显示添加 PDGF-BB 组新生骨量显著多于 BMP-2 实验组，提示 PDGF 在特定骨缺损模型中具有更强的促成骨能力[11]。另外，王照东等[12]通过实验观察到，BMSCs 与负载 CD271 和 PDGF 的可注射甲基丙烯酸明胶水凝胶支架具有良好的生物相容性，可提高成骨相关蛋白的表达，提示 PDGF 水凝胶支架在骨组织工程中具有应用潜力，能促进 BMSCs 的成骨分化。

PDGF 在骨折修复过程中的核心价值在于其对修复级联反应的启动功能，因其在损伤早期的高表达为后续 BMSCs 的招募与分化提供了细胞基础，同时也为其他生长因子的后续作用营造了有利的微环境条件。

2.3 Wnt/β-catenin 信号通路

Wnt/β-catenin 信号是调控骨形成与再生的核心通路之一[13]。Wnt 蛋白作为分泌型糖蛋白，与细胞膜上的卷曲蛋白受体及低密度脂蛋白受体相关蛋白 5/6 结合后，启动细胞内级联反应，阻止 β-catenin 的磷酸化与降解；稳定后的 β-catenin 进入细胞核，与 T 细胞因子/淋巴增强因子转录因子家族结合，共同激活下游成骨相关靶基因如 RUNX 家族转录因子 2（RUNX family transcription factor 2，RUNX2）的表达[14]。研究[14]证实，β-catenin 信号在骨折愈合过程中发挥关键调控作用，通过影响 BMSCs 的成骨分化参与骨组织修复，其活性水平受到正向激活信号与负向抑制信号的双重调控。

在正向调控策略方面，研究者尝试直接补充 Wnt 配体以促进骨再生。有学者[15]将纯化的 Wnt3a 包装于脂质体囊泡中递送至骨缺损区域，发现其可有效刺激骨祖细胞增殖并加速其向成骨细胞分化。相较于补充外源性 Wnt 配体，靶向通路负调节因子的策略展现出更佳的可行性。糖原合酶激

酶-3β(glycogen synthase kinase-3 beta, GSK-3β)是 Wnt 信号的关键负调节分子,抑制其活性可使胞内 β-catenin 积累,从而加速骨折愈合。临床前研究[16]显示,GSK-3β 小分子抑制剂 AZD2858 口服给药后可增加骨痂骨密度和骨矿物质含量,组织学分析显示骨折愈合无需软骨前体形成,通过膜内成骨方式直接修复。硬化蛋白(sclerostin, SOST)和 Dickkopf 相关蛋白 1 是 Wnt 通路的另外两类重要拮抗分子,二者通过直接结合 LRP5/6 抑制成骨细胞活性[17]。更进一步的探索发现,在啮齿动物及非人灵长类模型中同时抑制 SOST 与 Dickkopf 相关蛋白 1 可产生协同促成骨效应,这种双特异性抗体较单一疗法展现出更强的骨修复能力[18]。

2.4　VEGF 信号通路

VEGF 在骨骼系统中的作用已超越单纯的促血管生成范畴。研究[19]表明,VEGF 在成骨前体细胞中高表达,通过调控 RUNX2 及过氧化物体增殖活化受体 γ2(peroxisome proliferator activated receptor γ2,PPARγ2)的转录活性,直接影响 BMSCs 向成骨细胞或脂肪细胞的分化方向,这一发现将 VEGF 从传统的血管生成因子提升至骨形成关键调控因子的地位。骨损伤发生后,局部缺氧诱导因子(hypoxia-inducible factor, HIF)-α 稳定表达,继而激活 VEGF 的分泌,能加快骨折处血管生成[20]。成骨细胞产生 VEGF 与 CXCL12 协同作用,通过 CXCR4 轴引导中性粒细胞募集并促进内皮细胞活化,形成正向反馈的血管生成环路[21]。在软骨内成骨阶段,肥大软骨细胞分泌的 VEGF 可激活破骨细胞前体,促进软骨向骨组织转化[22]。

在骨折愈合进程中,VEGF 呈现动态表达模式。动物实验[23]显示,VEGF 及其受体的表达贯穿于骨折修复全过程,其高峰时段与血管重建期高度吻合;其中 VEGFR2 的表达在骨痂形成与成熟阶段呈现双峰特征,提示其在血管新生及后续骨改建中发挥持续性调控作用。

2.5　BMSCs 的成骨分化与信号通路间的交互作用

BMSCs 来源于骨髓,在一定条件下可以转化为成骨细胞、破骨细胞、软骨细胞、脂肪细胞、肌细胞等,被作为骨组织工程的种子细胞广泛应用[24]。就骨折愈合过程而言,FGF、PDGF、Wnt/β-catenin 和 VEGF 等信号通路并非独立存在,而是存在复杂的交互作用,共同调控 BMSCs 的命运走向[25]。

骨折受伤初期,PDGF 信号通路主要参与BMSCs的募集和增殖,为后续修复提供足够的细胞来源;而 FGF 信号在维持 BMSCs 增殖活性的同时,也为成骨分化创造条件。进入骨痂成形期后,Wnt/β-catenin 通路则发挥促进 BMSCs 向成骨细胞定向的关键作用。原因在于,当 Wnt/β-catenin 通路被激活,β-catenin进入细胞核启动 RUNX2 和 Osterix 等成骨特异性转录因子的表达,BMSCs 随之进入成骨分化程序[26]。VEGF 介导的血管新生为骨折修复过程提供必要的微环境支持,新生血管不仅能够改善局部缺氧状态,还为成骨分化提供所需的营养支持。上述各通路间的交互协同构成了骨再生的分子网络,这与中药多成分、多靶点的干预特征相契合。

3　中药干预研究

中医学认为骨折的发生与发展是由外因与内因共同作用的结果[27-28]。外因主要指各种损伤外力,包括直接暴力(如打击、撞击)、间接暴力(如扭转、传导)、肌肉骤然猛烈的牵拉力以及长期积累性劳损。内因则与患者自身体质密切相关,其中肝肾亏虚是核心内因之一。“肾主骨,肝主筋”,肝肾不足则筋骨脆弱不坚。气血不足也是重要内因,气血亏虚则无以濡养骨骼,使骨骼易损难复。中医药治疗骨折的方法可概括为“活血化瘀、接骨续筋、补肾壮骨”,根据骨折愈合不同阶段的病理生理特点遣方用药[29]。现代药理学研究显示,活血、补血、补肾类中药及其活性成分能够通过干预前文所述信号通路中的多个靶点,在细胞和分子层面发挥促进骨再生作用。由于中药成分复杂、研究层次多样,为更系统地呈现相关机制,本节从中药单体化合物、单味药材提取物、中药复方三个层面进行梳理。干预骨再生的代表中药及其有效成分、所涉及的主要机制等相关研究梳理归纳见表 1[30-70]。

表 1 干预骨再生的代表中药及其作用机制

Table 1 Mechanisms of action of representative traditional Chinese medicines intervening in bone regeneration

研究层次	药物/成分	来源	作用机制	相关指标变化
单体	红花黄色素	红花	诱导 BMP-2 和 BMP-7 相关信号转导通路激活及成骨细胞增殖活；持续激活 Wnt/β-catenin 信号通路下游 MYC 和 CCND1	BMP-2↑、BMP-7↑、RUNX2↑(第 4 周达峰)；MYC↑、CCND1↑(第 8 周达峰)；骨痂生成质量、速度及阴影密度↑；骨折愈合评分↑[30-31]
	川芎嗪	川芎	调控 SRC/STAT3/EGFR 靶点；干预 PI3K/AKT、HIF-1 及 VEGF 通路；抑制局部炎症因子释放，改善微循环	成骨细胞增殖↑；血清 ALP↑；Ⅰ型胶原蛋白表达↑[32-33]
	淫羊藿苷	淫羊藿	抑制 JAK2/STAT5 通路促进 BMSCs 增殖及成骨分化；调控 OPG/RANKL/RANK 轴抑制破骨细胞形成；上调 VEGF 促进血管生成；抑制 NF-κB 及 PI3K/AKT/mTOR 通路控制炎症	BMSCs 增殖↑(剂量依赖性)；ALP 活性↑；矿化结节面积↑；p-STAT5/STAT5↓、JAK2 表达↓；IL-6↓、IL-17↓；VEGF↑；骨缺损修复加速[34-36]
	牛膝多糖	牛膝	激活 Wnt/β-catenin 通路；上调 RUNX2、Osterix 表达促进成骨分化；降低 p-β-catenin/β-catenin 比值	BMD↑；血清 ALP↑、BGP↑、PINP↑；血清 NTx↓、TRAP↓；β-catenin mRNA↑、RUNX2 mRNA↑、Osterix mRNA↑；β-catenin 蛋白↑、胞核 β-catenin 蛋白↑、RUNX2 蛋白↑、Osterix 蛋白↑；p-β-catenin/β-catenin↓；骨小梁数量↑、形态增粗、连续性增加[37-39]
	β-谷甾醇、豆甾醇	当归	调控 HIF-1、TNF、PI3K/AKT、VEGF 等多条信号通路；增强成骨细胞在缺氧环境下的存活能力	炎症因子↓；血管生成↑；成骨细胞存活能力↑[40]
	芒柄花素、绿原酸、原儿茶酸、豆甾醇	鸡血藤	调控 MAPK、PI3K/AKT 通路促进成骨分化；调控 OPG/RANKL/RANK 轴抑制破骨细胞形成	成骨分化↑；破骨细胞形成↓；OPG/RANKL 比值改善[41]
	cAMP、多糖、芦丁	大枣	cAMP 作为第二信使调节细胞代谢；多糖增强免疫、抗氧化；芦丁抗炎、抗氧化；改善全身营养状态间接支持骨修复	炎症反应↓；氧化应激↓；免疫功能↑；营养状况改善[42-43]
单味药材提取物	骨碎补总黄酮	骨碎补	通过 PDGF-BB/PDGFR-β 信号通路促进 CD31hiEmcnhi H 型血管形成，增强血管生成-成骨耦联；下调骨组织中 SOST 表达；调节 Wnt/β-catenin 通路；提高 SOD 和 GSH 活性，减少 ROS 和 MDA 产生；临床研究中联合骨瓜提取物注射液治疗骨质疏松性股骨骨折	H 型血管↑；VEGF↑、PDGF-BB↑、RUNX2↑；SOST mRNA↓；SOD↑、GSH↑、ROS↓、MDA↓；血清钙、磷和 ALP↑；骨小梁增厚、断裂减少；BMD↑；骨折愈合时间↓；疼痛 VAS 评分↓；临床有效率 93.88%[44-50]
	桃仁水提取物	桃仁	改善骨折端血液微循环(抗血小板聚集、降低血液黏稠度、扩张血管)，有效清除血肿；促进 BMSCs 向软骨方向迁移与转化，丰富软骨基质	软骨骨痂面积↑(第 7、10 天)；骨性骨痂体积百分比↑；骨性骨痂面积比↑；血黏度↓[51-54]
	鸡血藤提取物	鸡血藤	上调 LRP5、β-catenin 和 RUNX2 蛋白表达，激活 Wnt/β-catenin 信号通路；促进新生血管形成	BMD↑(剂量依赖性)；最大载荷↑(剂量依赖性)；抗弯强度↑；骨小梁增多、排列整齐；成骨细胞活跃；新生血管↑；LRP5↑、β-catenin↑、RUNX2↑[55]
复方	桃红四物汤	桃仁、红花、当归、川芎、赤芍等	活血不耗血，补血不滞瘀；上调 VEGF、BMP-2 及 TGF-β1；改善血液流变学；降低血清 RANKL 水平，升高 OPG 及 TGF-β1 水平	骨代谢改善；VEGF↑、BMP-2↑、TGF-β1↑；RANKL↓、OPG↑；PⅠCP↓；IL-1↓；IL-6↓；TNF-α↓；Cooney 腕关节功能评分↑；VAS 评分↓；愈合时间缩短[56-59]
	七厘散	血竭、朱砂、乳香、红花、儿茶、没药	活血化瘀、消肿止痛(外敷)	VAS 评分↓；肿胀↓；愈合时间缩短[60]
	复元活血汤	柴胡、大黄、桃仁、红花、当归等	促进骨折愈合和血管化；调节 BALP/CTX-1 平衡；增强骨生物力学性能(剂量依赖性)	最大载荷↑、最大应力↑、弹性模量↑、TBV%↑、MTPT↑、BMD↑、BUA↑、新生血管数量↑、血管面积↑、BALP 表达↑；TRS%↓、MAR↓、CTX-1 表达↓[61]
	活血止痛汤	桃仁、牛膝、红花、土鳖虫、当归等	活血化瘀、消肿止痛	术后 7 天 VAS 评分↓；肿胀消退加速；3 个月骨痂愈合评分↑；Cooney 腕功能评分↑[62]
	接骨紫金丹	土鳖虫、骨碎补、自然铜、当归、大黄等	祛瘀、续骨、止痛	瘀血消散时间↓；骨折愈合时间↓；疼痛由重度降至轻度；AOFAS 评分↑[63-64]
	舒筋活血汤	川芎、红花、鸡血藤、当归、熟地等	舒筋活络、活血止痛；联合功能锻炼	总有效率↑；AOFAS 评分↑；背伸活动度↑；VAS 评分↓[65]
	当归续骨汤	当归、牛膝、党参、骨碎补、自然铜等	活血补肾；抑制破骨细胞功能	愈合时间缩短近 2 周；RANKL↓、TRACP-5b↓；腕关节功能↑[66]
	健步虎潜丸	龟甲、鹿角胶、当归、牛膝、杜仲等	补肾填精、强筋壮骨	骨密度↑21.5%；慢性骨痛↓；总有效率 89.13%；ALP↑、BMP-2↑[68]
	强筋壮骨汤	杜仲、鹿衔草、当归、田七、续断等	补肾强骨、活血通络；联合石膏夹板序贯治疗	愈合时间缩短近 1 周；握力↑13.5%；旋后肌力↑62.6%；临床优良率 93.33%(对照 80.00%)；并发症风险↓至 3.33%[69]
	益骨汤	骨碎补、补骨脂、丹参、生地、仙灵脾等	补肾壮骨、活血通络；联合骨化三醇协同调控骨代谢	HHS 评分↑；OC↑；BALP↑；VAS 评分↓；TRACP-5b↓；疼痛↓；不良反应率↓至 7.50%[70]

BMD：骨密度；BALP：骨特异性碱性磷酸酶；CTX-1：Ⅰ型胶原 C 端肽；SOD：超氧化物歧化酶；GSH-Px：谷胱甘肽过氧化物酶；ALP：碱性磷酸酶；TNF：肿瘤坏死因子；BMSCs：骨髓间充质干细胞；BGP：骨钙素；PINP：Ⅰ型前胶原氨基端前肽；VEGF：血管内皮生长因子；MDA：丙二醛；ROS：活性氧；TGF-β1：转化生长因子 β1；OPG：骨保护素；VAS：视觉模拟评分；IL：白细胞介素；TBV%：骨小梁体积百分比；MTPT：骨小梁平均宽度；BUA：宽带超声衰减；TRS%：骨小梁吸收表面百分比；MAR：矿化沉积率；AOFAS：踝-后足评分；HHS：Harris 髋关节评分；OC：骨钙素；cAMP：环磷酸腺苷；RANKL：核因子-κB 受体活化子配体。

BMD: bone mineral density; BALP: bone-specific alkaline phosphatase; CTX-1: C-telopeptide of type Ⅰ collagen; SOD: superoxide dismutase; GSH-Px: glutathione peroxidase; ALP: alkaline phosphatase; TNF: tumor necrosis factor; BMSCs: bone marrow mesenchymal stem cells; BGP: bone Gla protein; PINP: N-terminal propeptide of type Ⅰ procollagen; VEGF: vascular endothelial growth factor; MDA: malondialdehyde; ROS: reactive oxygen species; TGF-β1: transforming growth factor beta 1; OPG: osteoprotegerin; VAS: visual analog scale; IL: interleukin; TBV%: trabecular bone volume percentage; MTPT: mean trabecular plate thickness; BUA: broadband ultrasound attenuation; TRS%: trabecular resorption surface percentage; MAR: mineral apposition rate; AOFAS: American Orthopaedic Foot and Ankle Society ankle-hindfoot score; HHS: Harris Hip Score; OC: osteocalcin; cAMP: cyclic adenosine monophosphate; RANKL: receptor activator of nuclear factor-κB ligand.

3.1　中药单体化合物

中药单体是中药药效的物质基础，具有结构明确、靶点相对清晰的特点，是阐明中药促进骨再生机制的重要切入点。目前已发现多种具有促成骨活性的中药单体，来源包括活血、补血、补肾等不同功效类别。

3.1.1　红花黄色素　红花黄色素是活血化瘀药红花的主要活性成分。张爱新等[30]建立大鼠股骨中段开放骨折模型，实验组术后第 1 天开始给予注射用红花黄色素 20 mg 缓慢静脉滴注，1 次/d，共 2 周；对照组给予等量生理盐水。分别于术后第 2、4、8 周采用数字 X 线摄影（digital radiography，DR）观察骨折愈合情况，获取骨痂组织后采用荧光定量聚合酶链式反应及蛋白质印迹法检测相关基因表达。结果显示，实验组大鼠第 2、4、8 周骨痂生成质量、速度及阴影密度均高于对照组，骨折愈合评分明显优于对照组（$P<0.05$）。实验组大鼠骨痂组织中 BMP-2、BMP-7、RUNX2、MYC 原癌基因（MYC proto-oncogene，MYC）及细胞周期蛋白 D1（cyclin D1，CCND1）蛋白的表达量均高于同时间点对照组（$P<0.05$）；BMP-2、BMP-7 和 RUNX2 在第 4 周表达量达到峰值，MYC 和 CCND1 在第 8 周达到峰值。该研究证实，红花黄色素可诱导 BMP-2 和 BMP-7 相关信号转导通路激活以及成骨细胞增殖活化，直接启动软骨内成骨过程。更为重要的是，红花黄色素能持续激活 Wnt/β-catenin 信号通路的关键下游元件 MYC 和 CCND1，该通路对骨量的调控具有重要作用[31]。这表明红花不仅能通过改善局部微循环、抗血小板聚集来优化骨折愈合环境，更能直接干预细胞生物学进程，从分子水平驱动成骨分化与细胞增殖。

3.1.2　川芎嗪　川芎嗪是从活血药川芎中分离得到的一种生物碱，具有解痉镇痛、改善微循环、抗血小板聚集等多种药理作用。王昊翔等[32]基于网络药理学方法系统预测了川芎促进骨折愈合的作用机制，发现川芎嗪、川芎醌等活性成分可通过调控 SRC、STAT3、EGFR 等多个核心靶点，干预 PI3K/AKT、HIF-1 及 VEGF 等信号通路。鲁巍等[33]以小鼠成骨细胞株 MC3T3-E1 为研究对象，在 5 个不同质量浓度川芎嗪干预下分别应用 CCK-8 方法测定成骨细胞增殖能力，酶联免疫法测定碱性磷酸酶（alkaline phosphatase，ALP）活性及Ⅰ型胶原蛋白表达。结果发现，中药川芎提取物川芎嗪对成骨细胞增殖及Ⅰ型胶原蛋白表达均有促进作用。

3.1.3　淫羊藿苷　淫羊藿苷可能是淫羊藿治疗骨折的主要活性成分。吴启弘等[34]选取 SD 大鼠制作右侧股骨横行骨折模型，骨折后 2 d 处死大鼠并体外分离 BMSCs。取第三代 BMSCs 分为对照组及淫羊藿苷低、中、高剂量组（终浓度分别为 1、10、100 μmol/L），检测细胞增殖、ALP 活性、矿化结节面积及 Janus 激酶 2（Janus kinase 2，JAK2）/信号转导与转录激活因子 5（signal transducer and activator of transcription 5，STAT5）通路相关蛋白表达。结果显示，与对照组比较，淫羊藿苷各剂量组光密度值、ALP 活性、矿化结节面积占比均显著升高（$P<0.05$），而 JAK2 表达及 p-STAT5/STAT5 比值均显著降低（$P<0.05$），上述效应呈现剂量依赖性。该研究表明，淫羊藿苷可剂量依赖性地促进骨折大鼠 BMSCs 增殖及成骨向分化，其机制可能与抑制 JAK2/STAT5 信号通路有关。相关综述[35-36]指出，淫羊藿苷具有抗炎、促进血管生成作用，能够减少 IL-6、IL-17 等炎症因子的释放，抑制核因子 κB（nuclear factor kappa-B，NF-κB）及 PI3K/AKT/mTOR 通路控制骨折过程中的炎症反应，上调 VEGF 表达以改善局部血供，同时下调 NF-κB 受体活化子配体（receptor activator of NF-κB ligand，RANKL）RANK/OPG 通路抑制破骨细胞形成。

3.1.4　牛膝多糖　牛膝含有甾体类、三萜皂苷类、多糖类、多肽类、黄酮类等多种化学成分[37]。杨豪等[38]通过建立骨质疏松性骨折大鼠模型，给药组连续 12 周给予低、中、高剂量牛膝多糖（2、4、8 g/kg）。结果显示，与模型组比较，牛膝多糖各剂量组大鼠骨密度显著增加（$P<0.05$）；血清 ALP、骨钙素（bone gla protein，BGP）和Ⅰ型前胶原氨基端前肽（procollagen type Ⅰ N-terminal propeptide，PINP）水平显著升高，Ⅰ型胶原交联氨基末端肽（cross-linked N-telopeptide of type Ⅰ collagen，NTx）、抗酒石酸酸性磷酸酶（tartrate-resistant acid phospatage，TRAP）水平显著降

低(P<0.05)；骨折端骨组织 β-catenin、RUNX2、Osterix mRNA 及蛋白表达显著上调，p-β-catenin/β-catenin 水平显著降低(P<0.05)。该研究提示牛膝多糖可以改善骨代谢，促进成骨分化，抑制骨吸收。另有研究[39]发现，牛膝甾酮皂苷与牛膝多糖二者联用具有很好的抗软骨细胞凋亡作用。

3.1.5 其他 除了上述单体成分外，有学者基于网络药理学分析，筛选出当归的有效化合物及其靶点，发现当归中 β-谷甾醇、豆甾醇等活性成分可能通过调控 HIF-1 信号通路、TNF 信号通路、PI3K/AKT 信号通路、VEGF 信号通路等，加速骨折愈合进程[40]；鸡血藤中芒柄花素、绿原酸、原儿茶酸及豆甾醇等有效成分还可调控 MAPK、PI3K/AKT、OPG/RANKL/RANK 等多条信号通路，在激活成骨细胞分化和抑制破骨细胞形成方面发挥重要作用[41]；大枣富含的环磷酸腺苷、多糖、芦丁等成分则通过补血、抗炎、抗氧化等途径为骨折修复提供必要的物质基础[42-43]。

综合各单体的研究可见，其作用靶点多集中在 Wnt/β-catenin、BMP 及 VEGF 通路，与骨再生的核心调控网络存在明显重叠。不同功效类别中药的单体成分在作用节点上各有侧重，活血类单体兼具改善微循环与直接促成骨的双重效应，补肾类单体则更侧重于调控干细胞分化与骨代谢平衡。

3.2 单味药材提取物

单味药材提取物是介于单体化合物与中药复方之间的研究层次，其化学成分较单体复杂，但相较于复方又具有相对可控的物质基础，是连接传统用药经验与现代机制研究的重要桥梁。

3.2.1 骨碎补总黄酮 骨碎补总黄酮是骨碎补促进骨折愈合的主要活性部位，其中柚皮苷、山奈酚、木犀草素等黄酮类化合物协同发挥重要作用[44]。骨碎补总黄酮促进骨再生的机制涉及促血管生成、维持成骨-破骨平衡及抗氧化应激等多个方面。Shen 等[45]建立胫骨牵张成骨大鼠模型，发现骨碎补总黄酮可显著促进 CD31hiEmcnhi H 型血管形成，上调 PDGF-BB、VEGF、RUNX2 和 Osterix 的表达水平；而当加入 PDGF-BB 中和抗体阻断该通路后，骨碎补总黄酮的促成血管及成骨效应均被显著抑制，表明骨碎补总黄酮可能通过 PDGF-BB/PDGFR-β 增强“血管生成-成骨耦联”。在调节骨代谢平衡方面，孙景春等[46]按照 58 mg/kg 骨碎补总黄酮每天灌胃给予维甲酸诱导的骨质疏松大鼠模型，30 d 后发现骨碎补总黄酮组骨组织中 SOST mRNA 表达水平较模型组显著降低(P<0.01)，骨小梁明显增厚、断裂减少，提示骨碎补总黄酮可能通过抑制骨细胞合成 SOST 而解除对 Wnt/β-catenin 通路的负向抑制，从而促进骨形成。在抗氧化方面，Yu 等[47]通过网络药理学结合分子对接技术探讨了骨碎补总黄酮主要成分干预骨质疏松性骨折的抗氧化机制；Mu 等[48]发现骨碎补总黄酮与碳酸钙联合用药可提高超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶水平，减少小鼠体内活性氧(reactive oxygen species, ROS)和丙二醛(malondialdehyde, MDA)的产生。临床上，以骨碎补总黄酮为主要成分的中成药强骨胶囊在骨质疏松性骨折临床治疗中效果显著，如李刚建等[49]在 98 例骨质疏松性股骨骨折患者的随机对照试验中发现，强骨胶囊联合骨瓜提取物注射液组的总体有效率显著高于对照组(93.88% *vs* 79.59%)，骨密度及骨代谢指标(血钙、血磷、ALP、BGP)均优于对照组；朱晓兵[50]通过观察 386 例强骨胶囊治疗原发骨质疏松性骨折患者发现，给药治疗组骨折愈合时间为(9.2±2.5)周，显著短于对照组的(13.5±2.8)周(P<0.05)，同时在治疗后骨密度得到显著提升(P<0.05)。

3.2.2 桃仁水提物 桃仁主要化学成分有苷类、脂肪油类、蛋白质、氨基酸、挥发油等[51]。陈学强[52]通过 X 线、micro-CT 和组织形态计量学等综合分析证实，桃仁水提物能够促进小鼠胫骨骨折愈合。具体表现在骨折后第 7 天和第 10 天，桃仁组软骨骨痂面积比例显著高于模型组(P<0.05)，表明其能有效促进软骨痂形成；而在愈合中后期，桃仁组的骨性骨痂体积百分比和骨性骨痂面积比均显著优于模型组(P<0.05)，进一步证实其能加快骨痂软骨内成骨，促进骨痂成熟和矿化。其作用机制可能与桃仁改善骨折端血液微循环密切相关，主要通过抗血小板聚集、降低血液黏稠度、扩张血管，有效清除血

肿，为骨组织再生提供营养[53-54]。桃仁还可能通过促进 BMSCs 向软骨方向迁移与转化，并在早期丰富软骨基质，为后续成骨打下基础[52]。

3.2.3　鸡血藤提取物　鸡血藤是传统活血补血药，在骨折治疗中显示出良好的促愈合潜力。丁徐等[55]采用卵巢摘除法建立大鼠骨质疏松模型，术后以鸡血藤提取物（50、100、200 mg/kg）灌胃干预 8 周。结果显示，鸡血藤提取物各剂量组均能显著升高大鼠股骨骨折端骨密度、最大载荷和抗弯强度（$P<0.05$），高剂量组最大载荷由模型组的（105.66±6.04）N 恢复至（158.91±5.36）N，骨密度接近对照组水平；组织病理学变化显示，鸡血藤提取物干预后骨小梁数量增多、排列整齐，成骨细胞活跃，新生血管明显；机制研究发现鸡血藤还可上调 LRP5、β-catenin 和 RUNX2 等 Wnt/β-catenin 通路关键蛋白的表达，促进骨折大鼠的骨组织修复。

3.3　中药复方

中药复方是中医临床辨证论治的主要载体，其组方原则基于骨折后不同阶段的证候病理生理特点，体现了“瘀去、新生、骨合”的治疗思想。相较于单体和单味药，复方通过多味药材的协同配伍，在调控炎症反应、改善局部血供、驱动成骨分化以及促进骨痂塑形等多个环节发挥整合调节作用。

活血化瘀方面的中药复方主要应用在骨折早期，以活血化瘀、消肿止痛为核心。桃红四物汤是活血化瘀的代表方剂，由桃仁、红花、当归、川芎、赤芍、熟地黄组成。研究[56]显示桃红四物汤联合碳酸钙能够改善桡骨远端骨折气滞血瘀证患者的骨代谢指标，减轻机体炎症反应并加速症状消失及骨折愈合。杨志平及强昂等[57-58]的临床研究证实，该方配合正骨理筋手法则可提升桡骨远端骨折术后腕关节功能、改善血液流变学，推测其机制与上调 VEGF、BMP-2 及 TGF-β1 等骨折修复因子有关。李盼祥等[59]基于 238 例老年骨质疏松性股骨粗隆间骨折防旋股骨近端髓内钉（proximal femoral nail antirotation，PFNA）术后患者的前瞻性研究发现，观察组在常规治疗基础上联合桃红四物汤，治疗后 RANKL 水平显著低于对照组（$P<0.05$），OPG 及 TGF-β1 水平显著升高，骨折愈合时间明显缩短，提示桃红四物汤可能通过改善骨代谢微环境促进骨折愈合。从方剂配伍角度分析，桃仁、红花活血化瘀为君药，当归、川芎养血行气为臣药，赤芍凉血散瘀、熟地滋阴补血为佐使，全方活血而不耗血、补血而不滞瘀，与骨折早期“气滞血瘀”的核心病机高度契合。在早期外部治疗方面，七厘散是活血化瘀、消肿止痛的经典方剂。蒋文勇等[60]报道七厘散外敷联合肋骨固定治疗单纯性肋骨骨折患者 72 例，视觉模拟评分法（visual analogue scale，VAS）疼痛评分由术前的（7.83±1.52）分降至术后 1 周的（3.21±1.08）分，显效率与总有效率均优于单一固定治疗。另有临床试验[61-62]证实复元活血汤及活血止痛汤具有镇痛、改善血液循环状态、促进骨痂形成等作用。

营血不调证类复方侧重于骨折中期和营生新、接骨续筋。接骨紫金丹是此类代表方剂之一。研究[63]表明，接骨紫金丹辅助治疗桡骨远端骨折，较单纯西医治疗显著缩短瘀血消散时间及骨折临床愈合时间，术后 3 d 疼痛由重度降至轻度，体现了“祛瘀、续骨、止痛”治法的增效作用。吕召民[64]对 64 例胫骨 Pilon 骨折内固定术后患者的观察显示，联合接骨紫金丹治疗可显著降低术后 3 d、2 周、1 个月 VAS 评分，缩小踝部周径；治疗组术后 6 个月 AOFAS踝-后足评分系统优良率达 88.45%，骨折愈合平均时间缩短至（13.2±2.7）周。舒筋活血汤则在踝关节骨折术后康复中显示出良好效果。杨嫦等[65]的临床试验表明，舒筋活血汤联合阶梯式功能锻炼治疗踝关节骨折术后患者总有效率可达 94.2%，AOFAS评分及背伸活动度较对照组均显著改善（$P<0.05$）。在接骨续筋方面，杨冬[66]通过对桡骨远端骨折患者的系统研究表明，当归续骨汤加减结合外固定通过调节骨代谢紊乱，能够显著缩短桡骨远端骨折愈合时间近 2 周，降低 RANKL 和抗酒石酸酸性磷酸酶 5b（TRACP-5b）水平，优化腕关节功能。另动物实验研究[67]发现，“接骨续筋”富集方药通过激活 PI3K/AKT/VEGF 通路能够促进大鼠骨折中期骨生成与血管化，同时降低血清 TNF-α 水平以减轻炎症反应。

肝肾不足证类复方主要用于骨折后期及老年性骨质疏松性骨折，通常以补肾壮骨为核心。曾奇等[68]通过观察肝肾亏虚型骨质疏松症患者，发现健步虎潜丸通过补肾填精、强筋壮骨可以改善骨折后期肝肾亏虚的病理基础，该方能够缓解慢性骨痛，总有效率达89.13%。毕长城等[69]对120例老年桡骨远端骨折患者进行临床研究发现，强筋壮骨汤联合石膏夹板序贯治疗可显著缩短骨折愈合时间近1周，患肢握力增强13.52%、旋后肌力提升62.63%，临床优良率达93.33%（对照组为80.00%）。强筋壮骨汤方中的杜仲、鹿角草补肾强骨与当归、田七活血通络协同发挥作用，解决老年骨折后期关节功能障碍与延迟愈合两大难题，并将压疮、畸形愈合等并发症风险降低至3.33%。黄锦锋[70]的临床研究证实，益骨汤联合骨化三醇可协同优化老年骨质疏松性股骨粗隆间骨折PFNA术后的骨愈合质量与功能康复。相较于单用骨化三醇，联合治疗能够显著提升成骨活性并抑制骨吸收，同时改善髋关节功能并缓解疼痛，不良反应率降低至7.50%。

4 小结与展望

骨折愈合本质是骨组织再生的过程，这一过程受到FGF、PDGF、Wnt/β-catenin及VEGF等多条信号通路的调控与交互协同。中医药在骨折治疗中积累了丰富的临床经验，其干预机制与骨再生的信号网络存在契合。红花黄色素、淫羊藿苷等单体成分可以靶向激活成骨分化相关的关键通路；骨碎补总黄酮在促进血管生成与抗氧化方面展现出较单一成分更为广泛的作用，鸡血藤提取物能够改善骨痂质量；中药复方则根据骨折不同阶段的病理生理特点分期施治，多项临床研究已提供了骨代谢改善与功能恢复的证据。三个层次的研究相互支撑，共同揭示中药多成分、多靶点促进骨再生的病理基础。

虽然中药促进骨再生已经展现独特优势，但当前研究仍存在瓶颈需要克服。中药活性成分的体内代谢过程尚不完全清楚，真正到达骨组织并发挥药效的分子实体有待进一步确认。机制研究方面，多数研究仍停留在验证某一成分对特定通路的激活或抑制层面，对于中药如何系统性地调控骨再生信号网络这一更为宏观的问题，解析尚不充分。更为重要的是基础研究与临床应用之间的转化率有待提高，虽然部分中药提取物已进入临床应用并获得较好疗效，但多数研究成果仍停留在细胞和动物实验层面，缺乏高质量临床转化研究证据。在后续实验研究中，可以将多组学技术与网络药理学方法相结合，系统解析中药干预骨再生的“成分-靶点-通路-效应”网络，有助于从整体层面理解中药多靶点、多成分的作用模式。在临床研究方面，可以将骨代谢标志物（如PINP、β-CTX）及影像学参数纳入疗效评价体系，同时关注骨折愈合质量与远期再骨折风险等终点指标，为中药促进骨再生的临床应用提供更充分的循证依据。随着分子生物学、材料科学与药物递送技术的交叉应用，中医药促进骨再生研究有望逐步从经验描述向机制驱动过渡，为临床骨折治疗提供更为精准的中医药方案。

参考文献

1 艾玲，钱小娟，朱沁怡，等. 骨质疏松性胸腰椎压缩骨折患者术后慢性疼痛的影响因素研究[J]. 转化医学杂志，2026，15(3)：431-435. doi：10.3639/j.issn.2095-3097.2026.03.013.

Ai L, Qian XJ, Zhu QY, *et al*. Risk factors of postoperative chronic pain in patients with osteoporotic thoracolumbar compression fractures[J]. Zhuanhua Yixue Zazhi, 2026, 15(3): 431-435. doi: 10.3639/j.issn.2095-3097.2026.03.013.

2 崔永锋. 骨折愈合三期演变的差异蛋白质组学研究[D]. 杭州市萧山区第一人民医院，2018.

Cui YF. Differential proteomic study of the three-stage evolution of fracture healing[D]. Hangzhou Xiaoshan District First People's Hospital, 2018.

3 张苏雅. 恒古骨伤愈合剂促进大鼠骨折愈合的作用特点和机制研究[D]. 广州中医药大学，2024. doi：10.27044/d.cnki.ggzzu.2024.000011.

Zhang SY. Effect characteristics and mechanism of osteoking in promoting fracture healing in rats[D]. Guangzhou Univer-

sity of Chinese Medicine, 2024. doi: 10.27044/d.cnki.ggzzu.2024.000011.

4 吴作培,孙贵新. 骨不连治疗的研究与技术应用进展〔J〕. 中国组织工程研究,2013,17(35):6333-6338. doi: 10.3969/j.issn.2095-4344.2013.35.018.
Wu ZP, Sun GX. Research and technical application progress in the treatment of nonunion〔J〕. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu, 2013(35): 6333-6338. doi: 10.3969/j.issn.2095-4344.2013.35.018.

5 谢杨丽,黄俊兰,陈涵纲,等. 成纤维细胞生长因子信号在骨损伤修复中的作用〔J〕. 生命科学,2020,32(3):239-244. doi:10.13376/j.cbls/2020033.
Xie YL, Huang JL, Chen HG, *et al*. The role of fibroblast growth factor signaling in bone injury repair〔J〕. Shengming Kexue, 2020, 32(3): 239-244. doi: 10.13376/j.cbls/2020033.

6 Kuroyanagi G, Hioki T, Matsushima-Nishiwaki R, *et al*. Gallein increases the fibroblast growth factor 2-elicited osteoprotegerin synthesis in osteoblasts〔J〕. Biochim Biophys Acta Gen Subj, 2024,1868(8):6. doi:10.1016/j.bbagen.2024.130635.

7 Kawaguchi H. Bone fracture and the healing mechanisms. Fibroblast growth factor-2 and fracture healing〔J〕. Clin Calcium,2009,19(5):653-659.

8 Li D, Cheng P, Jiang H, *et al*. Vascularization converts the lineage fate of bone mesenchymal stem cells to endothelial cells in tissue-engineered bone grafts by modulating FGF2-RhoA/ROCK signaling〔J〕. Cell Death Dis, 2018, 9(10): 959. doi:10.1038/s41419-018-0999-6.

9 Wu M, Chen G, Li YP. TGF-β and BMP signaling in osteoblast, skeletal development, and bone formation, homeostasis and disease〔J〕. Bone Res, 2016, 4:16009. doi:10.1038/boneres.2016.9.

10 Andrae J, Gallini R, Betsholtz C. Role of platelet-derived growth factors in physiology and medicine〔J〕. Genes Dev, 2008,22(10):1276-3122. doi:10.1101/gad.1653708.

11 何瑞轩,肖建斌,宋兵,等. 磷酸三钙复合骨形态发生蛋白-2/血小板衍生生长因子-BB修复SD大鼠颅骨标准骨缺损〔J〕. 南方医科大学学报,2016,36(3):345-350,360. doi:10.3969/j.issn.1673-4254.2016.03.09.
He RX, Xiao JB, Song B, *et al*. Tricalcium phosphate combined with bone morphogenetic protein-2/platelet-derived growth factor-BB for repairing standard calvarial bone defects in SD rats〔J〕. Nanfang Yike Daxue Xuebao, 2016, 36(3): 345-350, 360. doi: 10.3969/j.issn.1673-4254.2016.03.09.

12 王照东,李伟峰,朱仲廉,等. 可注射GelMA水凝胶搭载CD271与PDGF修复骨缺损的实验研究〔J〕. 蚌埠医学院学报,2023,48(10):1339-1345. doi:10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2023.10.003.
Wang ZD, Li WF, Zhu ZL, *et al*. Experimental study of injectable GelMA hydrogel loaded with CD271 and PDGF for repairing bone defects〔J〕. Bengbu Yixueyuan Xuebao, 2023,48(10): 1339-1345. doi: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2023.10.003.

13 Yang C, Wang C, Zhou J, *et al*. Fibronectin 1 activates WNT/β-catenin signaling to induce osteogenic differentiation via inte-grinβ1 interaction〔J〕. Lab Invest, 2020, 100(12): 1494-1502. doi:10.1038/s41374-020-0451-2.

14 Zhang DH, Shao J. Research progress of basing on Wnt/β-Catenin pathway in the treatment of bone tissue diseases〔J〕. Tissue Eng Part B Rev, 2025, 31(6): 555-565. doi: 10.1089/ten.teb.2024.0170.

15 Minear S, Leucht P, Jiang J, *et al*. Wnt proteins promote bone regeneration〔J〕. Sci Transl Med, 2010, 2: 29ra30. doi:10.1126/scitranslmed.3000231.

16 Sisask G, Marsell R, Sundgren-Andersson A, *et al*. Rats treated with AZD2858, a GSK3 inhibitor, heal fractures rapidly without endochondral bone formation〔J〕. Bone, 2013, 54(1): 126-132. doi:10.1016/j.bone.2013.01.019.

17 Florio M, Gunasekaran K, Stolina M, *et al*. A bispecific antibody targeting sclerostin and DKK-1 promotes bone mass accrual and fracture repair〔J〕. Nat Commun, 2016, 7: 11505. doi:10.1038/ncomms11505.

18 Jones SE, Jomary C. Secreted frizzled-related proteins: searching for relationships and patterns〔J〕. Bioessays, 2002,24(9):811-820. doi:10.1002/bies.10136.

19 Liu Y, Berendsen AD, Jia S, *et al*. Intracellular VEGF regulates the balance between osteoblast and adipocyte differentiation〔J〕. J Clin Invest, 2012, 122(9): 3101-3013. doi: 10.1172/JCI61209.

20 孟繁杰,马青嵩,陈曼丽,等. 瑞香素调节缺氧诱导因子-1α/血管内皮生长因子信号通路对胫骨骨折大鼠骨痂形成和血管生成的影响实验研究〔J〕. 陕西医学杂志,2024,53(9):1182-1186,1192. doi:10.3969/j.issn.1000-7377.2024.09.006.

Meng FJ, Ma QS, Chen ML, *et al*. Experimental study on the effect of daphnetin regulating HIF-1α/VEGF signaling pathway on callus formation and angiogenesis in rats with tibial fracture〔J〕. Shaanxi Yixue Zazhi, 2024, 53(9): 1182-1186, 1192. doi: 10.3969/j.issn.1000-7377.2024.09.006.

21 Hu K, Olsen BR. Osteoblast-derived VEGF regulates osteoblast differentiation and bone formation during bone repair〔J〕. J Clin Invest, 2016, 126(2): 509-526. doi: 10.1172/JCI82585.

22 王亚斐,刘畅. 力敏感因子对软骨内成骨的调控作用〔J〕. 国际口腔医学杂志,2015(5):615-619. doi:10.7518/gjkq.2015.05.031.

Wang YF, Liu C. Regulatory role of mechanosensitive factors in endochondral ossification〔J〕. Guoji Kouqiang Yixue Zazhi, 2015(5): 615-619. doi: 10.7518/gjkq.2015.05.031.

23 初同伟,王正国,朱佩芳,等. 骨折愈合过程中血管内皮生长因子及其受体的表达〔J〕. 中华创伤杂志,2001,17(6):344-346. doi:10.3760/j:issn:1001-8050.2001.06.007.

Chu TW, Wang ZG, Zhu PF, *et al*. Expression of vascular endothelial growth factor and its receptor during fracture healing〔J〕. Zhonghua Chuangshang Zazhi, 2001, 17(6): 344-346. doi: 10.3760/j:issn:1001-8050.2001.06.007.

24 张效收,李红专,李晶,等. 补肾中药调控 Wnt/β-catenin 信号通路促进骨髓间充质干细胞增殖及成骨分化的研究进展〔J〕. 医学理论与实践,2024,37(21):3631-3634. doi:10.19381/j.issn.1001-7585.2024.21.008.

Zhang XS, Li HZ, Li J, *et al*. Research progress on kidney-tonifying traditional Chinese medicine promoting proliferation and osteogenic differentiation of bone marrow mesenchymal stem cells by regulating Wnt/β-catenin signaling pathway〔J〕. Yixue Lilun Yu Shijian, 2024, 37(21): 3631-3634. doi: 10.19381/j.issn.1001-7585.2024.21.008.

25 Hankenson KD, Gagne K, Shaughnessy M. Extracellular signaling molecules to promote fracture healing and bone regeneration〔J〕. Adv Drug Deliv Rev, 2015, 94: 3-12. doi: 10.1016/j.addr.2015.09.008.

26 Arya PN, Saranya I, Selvamurugan N. Crosstalk between Wnt and bone morphogenetic protein signaling during osteogenic differentiation〔J〕. World J Stem Cells, 2024, 16(2): 102-113. doi: 10.4252/wjsc.v16.i2.102.

27 陈文昌,吴淑贝,郑英,等. 3688 例骨与关节损伤病人的流行病学调查〔J〕. 海峡预防医学杂志,2001,7(1):15-17. doi:10.3969/j.issn.1007-2705.2001.01.004.

Chen WC, Wu SB, Zheng Y, *et al*. Epidemiological investigation of 3688 patients with bone and joint injuries〔J〕. Haixia Yufang Yixue Zazhi, 2001, 7(1): 15-17. doi: 10.3969/j.issn.1007-2705.2001.01.004.

28 薛远亮. 闭合性骨折中药外治文献证治规律研究〔D〕. 山东中医药大学,2011. doi:10.7666/d.D458786.

Xue YL. Study on the patterns of syndrome and treatment in literature on external treatment of closed fractures with traditional Chinese medicine〔D〕. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, 2011. doi: 10.7666/d.D458786.

29 刘柏龄. 中医骨伤科学〔M〕. 北京:人民卫生出版社,2004:425-438.

Liu BL. Orthopedics and Traumatology of Traditional Chinese Medicine〔M〕. Beijing: People's Medical Publishing House, 2004: 425-438.

30 张爱新,张卓,张杰. 注射用红花黄色素对大鼠股骨骨折愈合的治疗作用及机制研究〔J〕. 实用骨科杂志,2020,26(10):892-896. doi:10.13795/j.cnki.sgkz.2020.10.008.

Zhang AX, Zhang Z, Zhang J. Therapeutic effect and mechanism of safflower yellow pigment for injection on femoral fracture healing in rats〔J〕. Shiyong Guke Zazhi, 2020, 26(10): 892-896. doi: 10.13795/j.cnki.sgkz.2020.10.008.

31 Tan Z, Ding N, Lu H, *et al*. Wnt signaling in physiological and pathological bone formation〔J〕. Histol Histopathol, 2019, 34(4): 303-312. doi: 10.14670/HH-18-062.

32 王昊翔,江树连,袁杰,等. 基于网络药理学和分子对接

技术研究当归-川芎治疗骨折的作用机制[J]. 中医临床研究,2025,17(1):15-22. doi:10.3969/j.issn.1674-7860.2025.01.003.

Wang HX,Jiang SL,Yuan J, *et al.* Investigation on the mechanism of Angelica sinensis - Ligusticum chuanxiong in treating fracture based on network pharmacology and molecular docking technology[J]. Zhongyi Linchuang Yanjiu,2025,17(1):15-22. doi:10. 3969/j.issn.1674-7860.2025.01.003.

33 鲁巍,郭睿,赵刚. 中药川芎对成骨细胞作用最佳浓度的体外实验[J]. 中国组织工程研究,2016,20(37):5483-5488. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2016.37.002.

Lu W, Guo R, Zhao G. Optimal concentration of the traditional Chinese medicine Ligusticum chuanxiong on osteoblasts: an *in vitro* experiment[J]. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu, 2016, 20(37): 5483-5488. doi: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.37.002.

34 吴启弘,张永祥,余江,等. 淫羊藿苷对骨折大鼠骨髓基质干细胞增殖及成骨分化的影响[J]. 中国医药导报,2024,21(7):23-26. doi:10.20047/j.issn1673-7210.2024.07.05.

Wu QH, Zhang YX, Yu J, *et al.* Effect of icariin on proliferation and osteogenic differentiation of bone marrow stromal stem cells in fracture rats[J]. Zhongguo Yiyao Daobao, 2024, 21(7): 23-26. doi: 10.20047/j.issn1673-7210.2024.07.05.

35 黄川洪,陈跃平,吕挺. 淫羊藿治疗骨不连机制研究[J]. 辽宁中医药大学学报,2024,26(12):61-67. doi:10.13194/j.issn.1673-842X.2024.12.011.

Huang CH, Chen YP, Lyu T. Study on mechanism of Epimedium in treating nonunion[J]. Liaoning Zhongyiyao Daxue Xuebao, 2024, 26(12): 61-67. doi: 10.13194/j.issn.1673-842X.2024.12.011.

36 张志宏,孙延平,彭东辉,等. 中药单体成分及复方促进骨折愈合的作用机制研究进展[J]. 中国药房,2023,34(17):2172-2176. doi:10.6039/j.issn.1001-0408.2023.17.22.

Zhang ZH, Sun YP, Peng DH, *et al.* Research progress on mechanism of TCM monomer components and compounds in promoting fracture healing[J]. Zhongguo Yaofang, 2023, 34(17): 2172-2176. doi: 10.6039/j.issn.1001-0408.2023.17.22.

37 韩永光,谭雅兰,张超云,等. 牛膝化学成分和药理作用研究进展及其质量标志物(Q-Marker)预测分析[J]. 天然产物研究与开发,2024,36(8):1432-1444. doi:10.16333/j.1001-6880.2024.8.017.

Han YG, Tan YL, Zhang CY, *et al.* Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of Achyranthes bidentata and predictive analysis of its quality markers (Q-Marker)[J]. Tianran Chanwu Yanjiu Yu Kaifa, 2024, 36(8): 1432-1444. doi: 10.16333/j.1001-6880.2024.8.017.

38 杨豪,曾范慧. 牛膝多糖调控Wnt/β-catenin通路改善骨质疏松性骨折大鼠骨代谢的研究[J]. 中医学报,2021,36(10):2188-2194. doi:10.16368/j.issn.1674-8999.2021.10.457.

Yang H,Zeng FH. Study on achyranthine polysaccharide regulating Wnt/β-catenin pathway to improve bone metabolism in rats with osteoporotic fracture[J]. Zhongyi Xuebao,2021,36(10):2188-2194. doi:10.16368/j.issn.1674-8999.2021.10.457.

39 刘晓苗. 基于"补肝肾、强筋骨"临床功效的牛膝质量评价和活性部位实验研究[D]. 河南中医药大学,2018.

Liu XM. Quality evaluation of Achyranthes bidentata and experimental study on its active fractions based on the clinical efficacy of "tonifying liver and kidney, strengthening bones and muscles"[D]. Henan University of Chinese Medicine,2018.

40 李志鸿,叶学劲,刘经鹏,等. 当归-骨碎补配伍治疗骨折三期辨证中期的网络药理学机制[J]. 广州中医药大学学报,2021,38(8):1693-1699. doi:10.13359/j.cnki.gzxbtcm.2021.08.028.

Li ZH,Ye XJ,Liu JP,*et al.* Network pharmacological mechanism of Angelica sinensis-Drynaria fortunei compatibility in treating the middle stage of three-stage syndrome differentiation of fracture[J]. Guangzhou Zhongyiyao Daxue Xuebao, 2021,38(8):1693-1699. doi:10.13359/j.cnki.gzxbtcm.2021.08.028.

41 高硕,彭玉龙,李仰池,等. 鸡血藤有效成分治疗骨质疏松症的研究进展[J]. 医学研究杂志,2025,54(9):27-

30. doi:10.11969/j.issn.1673-548X.2025.09.006.
Gao S, Peng YL, Li YC, *et al*. Research progress on active components of Spatholobus suberectus in the treatment of osteoporosis〔J〕. Yixue Yanjiu Zazhi, 2025, 54(9): 27-30. doi: 10.11969/j.issn.1673-548X.2025.09.006.

42 代琪,白苑丁,叶俏波,等. 不同产地大枣化学成分及其药理作用研究进展〔J〕. 中国药物评价,2023,40(6):506-511. doi:10.3969/j.issn.2095-3593.2023.06.010.
Dai Q, Bai YD, Ye QB, *et al*. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of Ziziphus jujuba from different producing areas〔J〕. Zhongguo Yaowu Pingjia, 2023, 40(6): 506-511. doi: 10.3969/j.issn.2095-3593.2023.06.010.

43 裘淼,熊中奎,吕梦宇. 大枣多糖的药理作用研究进展〔J〕. 中国现代医生,2018,56(22):161-164.
Qiu M, Xiong ZK, Lyu MY. Research progress on pharmacological effects of jujube polysaccharides〔J〕. Zhongguo Xiandai Yisheng, 2018, 56(22): 161-164.

44 周群,曾弦,黄丹,等. 骨碎补化学成分和生物活性研究进展〔J〕. 世界科学技术-中医药现代化,2021,23(8):2727-2741. doi:10.11842/wst.20210203004.
Zhou Q, Zeng X, Huang D, *et al*. Research progress on chemical constituents and biological activities of Drynaria fortunei〔J〕. Shijie Kexue Jishu-Zhongyiyao Xiandaihua, 2021, 23(8): 2727-2741. doi: 10.11842/wst.20210203004.

45 Shen Z, Chen Z, Li Z, *et al*. Total flavonoids of rhizoma drynariae enhances angiogenic-osteogenic coupling during distraction osteogenesis by promoting type H vessel formation through PDGF-BB/PDGFR-β instead of HIF-1α/ VEGF axis〔J〕. Front Pharmacol, 2020, 11: 503524. doi: 10.3389/fphar.2020.503524.

46 孙景春,金辉,杨雯棋,等. 骨碎补总黄酮对骨质疏松大鼠骨组织中硬化蛋白表达的影响及其作用机制〔J〕. 吉林大学学报(医学版),2020,46(5):911-916. doi:10.13481/j.1671-587x.20200503.
Sun JC, Jin H, Yang WQ, *et al*. Effect of total flavonoids of Rhizoma Drynariae on expression of sclerostin in bone tissue of osteoporosis rats and its mechanism〔J〕. Jilin Daxue Xuebao (Yixueban), 2020, 46(5): 911-916. doi: 10.13481/j.1671-587x.20200503.

47 Yu X, Zhang P, Tang K, *et al*. Network pharmacology integrated with molecular docking explores the mechanisms of naringin against osteoporotic fracture by regulating oxidative stress〔J〕. Evid Based Complement Alternat Med, 2021, 2021:6421122. doi:10.1155/2021/6421122.

48 Mu P, Hu Y, Ma X, *et al*. Total flavonoids of Rhizoma Drynariae combined with calcium attenuate osteoporosis by reducing reactive oxygen species generation〔J〕. Exp Ther Med, 2021, 21(6):618. doi:10.3892/etm.2021.10050.

49 李刚建,闵奇,赵鑫. 强骨胶囊联合骨瓜提取物注射液治疗骨质疏松性股骨骨折的临床研究〔J〕. 现代药物与临床,2018,33(5):1135-1139. doi:10.7501/j.issn.1674-5515.2018.05.029.
Li GJ, Min Q, Zhao X. Clinical study of Qianggu capsule combined with Guguagu extract injection in treatment of osteoporotic femoral fracture〔J〕. Xiandai Yaowu Yu Linchuang, 2018, 33(5): 1135-1139. doi: 10.7501/j.issn.1674-5515.2018.05.029.

50 朱晓兵. 强骨胶囊治疗骨质疏松性骨折的临床观察〔J〕. 海峡药学,2011,23(5):196-197. doi:10.3969/j.issn.1006-3765.2011.05.104.
Zhu XB. Clinical observation of Qianggu capsule in the treatment of osteoporotic fracture〔J〕. Haixia Yaoxue, 2011, 23(5): 196-197. doi: 10.3969/j.issn.1006-3765.2011.05.104.

51 周国铭,王玺,何成峙,等. 桃仁现代研究进展和炮制方法历史沿革〔J〕. 中草药,2024,55(13):4565-4574. doi:10.7501/j.issn.0253-2670.2024.13.028.
Zhou GM, Wang X, He CZ, *et al*. Modern research progress on Persicae Semen and historical evolution of its processing methods〔J〕. Zhongcaoyao, 2024, 55(13): 4565-4574. doi: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.13.028.

52 陈学强. 桃仁提取物促骨折愈合的实验研究〔D〕. 浙江中医药大学,2016. doi:10.27465/d.cnki.gzzyc.2016.000269.
Chen XQ. Experimental study on the effect of peach kernel extract on promoting fracture healing〔D〕. Zhejiang Chinese Medical University, 2016. doi: 10.27465/d.cnki.gzzyc.2016.000269.

53 张妍妍,韦建华,卢澄生,等. 桃仁化学成分、药理作用及质量标志物的预测分析〔J〕. 中华中医药学刊,2022,40(1):234-241. doi:10.13193/j.issn.1673-7717.2022.01.056.
Zhang YY, Wei JH, Lu CS, *et al*. Chemical constituents, pharmacological effects and predictive analysis of quality markers of Persicae Semen〔J〕. Zhonghua Zhongyiyao Xuekan, 2022, 40(1): 234-241. doi: 10.13193/j.issn.1673-7717.2022.01.056.

54 杨丽,陈建强. 中药桃仁的研究综述〔J〕. 中国药物经济学,2020,15(5):118-121. doi:10.12010/j.issn.1673-5846.2020.05.028.
Yang L, Chen JQ. Review of research on Persicae Semen in traditional Chinese medicine〔J〕. Zhongguo Yaowu Jingjixue, 2020, 15(5): 118-121. doi: 10.12010/j.issn.1673-5846.2020.05.028.

55 丁徐,赵毅,黄涛,等. 鸡血藤对骨质疏松性骨折大鼠内固定术后恢复的作用及机制〔J〕. 西部医学,2021,33(6):813-817. doi:10.3969/j.issn.1672-3511.2021.06.007.
Ding X, Zhao Y, Huang T, *et al*. Effect and mechanism of Spatholobus suberectus on recovery after internal fixation in rats with osteoporotic fracture〔J〕. Xibu Yixue, 2021, 33(6): 813-817. doi: 10.3969/j.issn.1672-3511.2021.06.007.

56 王敏,旷涛. 桃红四物汤联合碳酸钙对桡骨远端骨折气滞血瘀证患者骨代谢的影响〔J〕. 中国医学创新,2025,22(15):5-9. doi:10.3969/j.issn.1674-4985.2025.15.002.
Wang M, Kuang T. Effect of Taohong Siwu decoction combined with calcium carbonate on bone metabolism in patients with distal radius fracture of qi stagnation and blood stasis syndrome〔J〕. Zhongguo Yixue Chuangxin, 2025, 22(15): 5-9. doi: 10.3969/j.issn.1674-4985.2025.15.002.

57 杨志平. 桃红四物汤联合正骨理筋手法+夹板外固定对桡骨远端骨折术患者的影响〔J〕. 黑龙江中医药,2024,53(6):106-108.
Yang ZP. Effect of Taohong Siwu decoction combined with bone-setting and tendon-regulating manipulation plus splint external fixation on patients undergoing surgery for distal radius fracture〔J〕. Heilongjiang Zhongyiyao, 2024, 53(6): 106-108.

58 强昂,陈利军. 桃红四物汤联合正骨理筋手法+夹板外固定对桡骨远端骨折术后患者疼痛程度及肢体功能的影响〔J〕. 临床医学研究与实践,2024,9(22):138-141. doi:10.19347/j.cnki.2096-1413.202422034.
Qiang A, Chen LJ. Effects of Taohong Siwu decoction combined with bone-setting and tendon-regulating manipulation plus splint external fixation on pain intensity and limb function in patients after distal radius fracture surgery〔J〕. Linchuang Yixue Yanjiu Yu Shijian, 2024, 9(22): 138-141. doi: 10.19347/j.cnki.2096-1413.202422034.

59 李盼祥,刘晓峰,蒋亮,等. 桃红四物汤对老年骨质疏松性股骨粗隆间骨折患者 PFNA 术后血清 RANKL、骨保护素水平及转化生长因子-β1 表达水平的影响〔J〕. 中国老年学杂志,2018,38(2):408-410. doi:10.3969/j.issn.1005-9202.2018.02.066.
Li PX, Liu XF, Jiang L, *et al*. Effects of Taohong Siwu decoction on serum RANKL, osteoprotegerin levels and transforming growth factor-β1 expression in elderly patients with osteoporotic intertrochanteric fracture after PFNA surgery〔J〕. Zhongguo Laonianxue Zazhi, 2018, 38(2): 408-410. doi: 10.3969/j.issn.1005-9202.2018.02.066.

60 蒋文勇,黎爱群. 七厘散外敷治疗单纯性肋骨骨折 72 例〔J〕. 中国中医药现代远程教育,2025,23(4):89-91. doi:10.3969/j.issn.1672-2779.2025.04.030.
Jiang WY, Li AQ. External application of Qili powder in the treatment of 72 cases of simple rib fracture〔J〕. Zhongguo Zhongyiyao Xiandai Yuancheng Jiaoyu, 2025, 23(4): 89-91. doi: 10.3969/j.issn.1672-2779.2025.04.030.

61 张永波,林伟,苏冬冬,等. 复元活血汤对大鼠骨质疏松性椎体骨折愈合和血管化的作用〔J〕. 中国骨质疏松杂志,2025,31(8):1178-1184. doi:10.3969/j.issn.1006-7108.2025.08.013.
Zhang YB, Lin W, Su DD, *et al*. Effect of Fuyuan Huoxue decoction on healing and vascularization of osteoporotic vertebral fractures in rats〔J〕. Zhongguo Guzhi Shusong Zazhi, 2025, 31(8): 1178-1184. doi: 10.3969/j.issn.1006-7108.2025.08.013.

62 徐胜. 活血止痛汤治疗气滞血瘀型桡骨远端骨折术后患者临床观察〔J〕. 中国中医药现代远程教育,2025,23(7):101-104. doi:10.3969/j.issn.1672-2779.2025.07.033.

Xu S. Clinical observation of Huoxue Zhitong decoction in the treatment of patients with distal radius fracture of qi stagnation and blood stasis type after surgery〔J〕. Zhongguo Zhongyiyao Xiandai Yuancheng Jiaoyu, 2025, 23(7): 101-104. doi: 10.3969/j.issn.1672-2779.2025.07.033.

63 谢永江. 接骨紫金丹治疗桡骨远端骨折临床疗效分析〔J〕. 中外医疗,2019,38(19):153-155. doi:10.16662/j.cnki.1674-0742.2019.19.153.

Xie YJ. Clinical efficacy analysis of Jiegu Zijin pill in the treatment of distal radius fracture〔J〕. Zhongwai Yiliao, 2019, 38(19): 153-155. doi: 10.16662/j.cnki.1674-0742.2019.19.153.

64 吕召民. 接骨紫金丹对胫骨 Pilon 骨折内固定术后的临床影响〔J〕. 中国中医骨伤科杂志,2016,24(11):59-61,64.

Lyu ZM. Clinical effect of Jiegu Zijin pill on postoperative internal fixation of tibial Pilon fracture〔J〕. Zhongguo Zhongyi Gushangke Zazhi, 2016, 24(11): 59-61,64.

65 杨嫦,苏嘉,凌乐洁,等. 舒筋活血汤联合功能锻炼在踝关节骨折术后的应用效果观察〔J〕. 中国中医药科技,2025,32(3):561-563.

Yang C, Su J, Ling LJ, *et al*. Observation on the application effect of Shujin Huoxue decoction combined with functional exercise after ankle fracture surgery〔J〕. Zhongguo Zhongyiyao Keji, 2025, 32(3): 561-563.

66 杨冬. 当归续骨汤加减结合手法复位联合夹板外固定治疗桡骨远端骨折患者的临床效果分析〔J〕. 基层中医药,2025,4(7):40-44. doi:10.20065/j.cnki.btcm.20250140.

Yang D. Clinical efficacy analysis of modified Danggui Xugu Decoction combined with manual reduction and splint external fixation in the treatment of patients with distal radius fracture〔J〕. Jiceng Zhongyiyao, 2025, 4(7): 40-44. doi: 10.20065/j.cnki.btcm.20250140.

67 朱欢,赵军,徐世红,等. "接骨续筋"富集方药促进骨折中期愈合的药效学及作用机制研究〔J〕. 中医药临床杂志,2025,37(5):993-998. doi:10.16448/j.cjtcm.2025.0532.

Zhu H,Zhao J,Xu SH,*et al*. Pharmacodynamics and mechanism of "Jiegu Xujin" enriched formula in promoting mid-stage fracture healing〔J〕. Zhongyiyao Linchuang Zazhi, 2025,37(5):993-998. doi:10.16448/j.cjtcm.2025.0532.

68 曾奇,肖文仲,张晓晟,等. 健步虎潜丸治疗肝肾亏虚型骨质疏松症 46 例临床观察〔J〕. 湖南中医杂志,2019,35(10):52-53. doi:10.16808/j.cnki.issn1003-7705.2019.10.020.

Zeng Q, Xiao WZ, Zhang XS, *et al*. Clinical observation on 46 cases of osteoporosis with liver and kidney deficiency syndrome treated by Jianbu Huqian pill〔J〕. Hunan Zhongyi Zazhi, 2019, 35(10): 52-53. doi: 10.16808/j.cnki.issn1003-7705.2019.10.020.

69 毕长城,周耀君,黄泉川,等. 强筋壮骨汤联合石膏夹板序贯治疗老年桡骨远端骨折对患者运动机能与康复速度的影响〔J〕. 医学理论与实践,2024,37(13):2233-2236. doi:10.19381/j.issn.1001-7585.2024.13.025.

Bi CC,Zhou YJ,Huang QC,*et al*. Effect of Qiangjin Zhuanggu decoction combined with plaster splint sequential therapy on motor function and rehabilitation speed in elderly patients with distal radius fracture〔J〕. Yixue Lilun Yu Shijian,2024,37(13):2233-2236. doi:10.19381/j.issn.1001-7585.2024.13.025.

70 黄锦锋. 益骨汤联合骨化三醇对老年骨质疏松性股骨粗隆间骨折 PFNA 内固定术后患者关节功能恢复的影响〔J〕. 中国现代药物应用,2025,19(17):133-136. doi:10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2025.17.035.

Huang JF. Effect of Yigu decoction combined with calcitriol on joint function recovery in elderly patients with osteoporotic intertrochanteric fracture after PFNA internal fixation〔J〕. Zhongguo Xiandai Yaowu Yingyong,2025,19(17):133-136. doi:10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2025.17.035.

（责任编辑:胡艳杰）