

髋关节置换术的挑战

——骨质疏松与股骨几何形态的影响

刘纪博¹, 侯建红^{2*}, 马 远², 王海龙², 陈家林¹

¹大理大学临床医学院, 云南 大理

²云南省第三人民医院骨科, 云南 昆明

收稿日期: 2025年4月16日; 录用日期: 2025年5月9日; 发布日期: 2025年5月20日

摘 要

随着全球老龄化加速及骨质疏松发病率上升, 髋部骨折已成为重大公共卫生问题, 尤其绝经后女性更易发生骨密度下降和骨结构退化, 从而增加髋部骨折风险。骨质疏松引起股骨近端皮质变薄和髓腔扩张, 不利于假体固定, 易导致术后无菌性松动和假体周围骨折。全髋关节置换术通过重建髋关节功能及改善负荷分布, 在提升患者生活质量方面具有明显优势, 但在骨质疏松患者中, 初次置换及翻修手术均面临固定不稳、骨缺损及生物力学失衡等挑战。综述回顾了假体设计、固定技术的发展, 强调术前个体化评估骨质及股骨形态, 选择适宜的假体柄及固定方式, 对于提高手术成功率和降低并发症风险至关重要。本综述旨在探讨老年骨质疏松患者髋关节置换术的挑战及翻修策略。

关键词

髋关节置换术, 骨质疏松, 股骨近端髓腔形态, 假体周围骨折, 髋关节翻修术

Challenges of Hip Arthroplasty

—Impact of Osteoporosis and Proximal Femoral Geometry

Jibo Liu¹, Jianhong Hou^{2*}, Yuan Ma², Hailong Wang², Jialin Chen¹

¹Clinical Medical College, Dali University, Dali Yunnan

²Department of Orthopedics, The Third People's Hospital of Yunnan Province, Kunming Yunnan

Received: Apr. 16th, 2025; accepted: May 9th, 2025; published: May 20th, 2025

Abstract

With accelerating global aging and rising osteoporosis prevalence, hip fractures have emerged as a

*通讯作者。

文章引用: 刘纪博, 侯建红, 马远, 王海龙, 陈家林. 髋关节置换术的挑战[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 1005-1013.
DOI: 10.12677/acm.2025.1551461

major public health crisis. Postmenopausal women are particularly susceptible to decreased bone density and degeneration of bone structure, which increases their risk of hip fractures. Osteoporosis-induced thinning of the proximal femoral cortex and expansion of the medullary canal undermine prosthetic fixation, predisposing to aseptic loosening and periprosthetic fracture. Total hip arthroplasty (THA) has obvious advantages in improving patients' quality of life by reconstructing hip joint function and optimizing load distribution. However, in patients with osteoporosis, both primary and revision surgeries face challenges such as unstable fixation, bone defects, and biomechanical imbalance. This review looks back at the development of prosthesis design and fixation techniques, emphasizing the importance of individualized preoperative assessment of bone quality and femoral morphology. Selecting appropriate prosthesis stems and fixation methods is crucial for improving surgical success rates and reducing the risk of complications. This review aims to explore the challenges and revision strategies of hip arthroplasty in elderly patients with osteoporosis.

Keywords

Hip Arthroplasty, Osteoporosis, Proximal Femoral Canal Morphology, Periprosthetic Fracture, Revision Arthroplasty

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 流行病学与背景

髋部骨折已成为全球范围内一个重大公共卫生问题,预计到 2050 年,全球髋部骨折病例将从 1990 年的 166 万上升至 626 万。考虑到亚洲人口占全球一半以上以及亚洲和拉丁美洲发病率的迅速上升,这一趋势对社会构成了严峻挑战[1][2]。

随着全球寿命延长和人口老龄化加剧,骨质疏松症是老年人群中常见疾病之一。这种疾病典型特征表现在骨密度降低、骨强度减弱。骨小梁连通性丧失同时伴有骨小梁退化,皮质骨变薄,都会显著增加骨折风险。最严重的部位是髋部骨折[1][2]。骨质疏松性骨折不仅常见,还伴随着较高的发病率、死亡率及医疗成本[3]。

髋部骨折患者常因关节功能障碍需调整生活方式,长期卧床尤易导致下肢深静脉血栓、呼吸和泌尿系统感染。此外,压疮、肠梗阻和营养不良也是老年髋部骨折术后常见的并发症。在围手术期还可能发生手术切口感染、心血管等并发症(如静脉血栓栓塞、心力衰竭、心肌梗死)以及中枢神经系统问题(如卒中、脑梗死)[4]。蔡蔚[5]等人共收集了 884 例老年髋部骨折急性期患者病例,其中 94.57% (836 例)因轻微外伤入院。同时,肺部感染和尿路感染的发生率随着年龄的增加呈上升趋势。

在幸存的老年髋部骨折患者中,仅三分之一能够恢复到以前的自理生活水平,而 50% 的患者则需要长期的日常生活帮助,无法独立行走。此外,约 25% 的患者需要全日制的养老院护理[6]。早期行髋关节手术有效地规避了较高的死亡率和较多的围手术期并发症[7]。

近些年,髋关节置换术(Total Hip Arthroplasty, THA)在老年患者中展现出良好的长期疗效[8]。Tapia [9]等人的研究表明,术后三个月内,66.67% 的患者能够使用公共交通工具,且舒适度明显增强,久坐疲劳感显著降低。早期活动和负重对预防压疮、肺炎、尿路感染、肌肉萎缩和协调能力下降有着重要意义[8][10]。同时,技术的进步使得髋关节假体使用寿命显著提升。Mraz [11]在布里斯托大学回顾了过去 25 年间六个国家的数千个病例,结果显示,约 60% 病例在术后 25 年仍能保持正常使用,髋关节置换手术的成功率和患者满意度持续提升。

2. 髋关节置换术的发展

关节置换术最早起源于 19 世纪末至 20 世纪初, 1891 年, 德国医生 Themistocles Gluck 首次尝试使用象牙替代股骨头, 并通过镍合金固定, 标志着人工关节置换术的开端[12][13]。1937 年, Smith-Peterson 利用钴铬钼合金制造髋臼杯, 成功应用了生物相容性材料。1938 年, Smith-Peterson 首次将金属杯置入, 为关节置换技术带来了重要突破。随后, Philip Wile 设计出不锈钢全髋假体, 首个人工全髋关节置换术诞生。随后对受损关节进行重建的尝试, 验证了这一创新的成功性和实用性[13][14]。1958 年, John Charnley 率先使用聚甲基丙烯酸甲酯(Polymethyl methacrylate, PMMA)骨水泥进行假体固定, 通过骨-水泥-假体的三明治结构实现了力学负荷的均匀分配, 极大提高了假体的稳定性。1961 年, 他引入了超高分子量聚乙烯(Ultra-high molecular weight polyethylene, UHMWPE)作为髋臼衬垫, 与不锈钢或钴铬合金股骨头相结合, 形成了磨损率极低的黄金组合, 至今仍是关节置换术的标准配置。1962 年, Charnley 进一步发现传统假体的摩擦系数过高, 容易导致假体松动和术后疼痛。他提出将股骨头的直径从 42 mm 缩小至 22.2~22.5 mm, 摩擦系数从 0.8 降至 0.02, 显著减少了关节面上的扭矩。这一设计理念被称为“低摩擦原理”[15]。

尽管这些早期尝试常因设计不良、材料低劣和机械故障而失败[16], 但随着技术的革新也仍旧可靠。此后, Charnley 提出的低摩擦关节置换术彻底革新了髋关节炎的治疗方法。他的三大贡献包括: 提出低摩擦扭矩关节置换术的概念、采用丙烯酸水泥实现假体牢靠固定以及引入高密度聚乙烯作为承载材料。回顾 Charnley 第一代低摩擦关节置换术的临床效果, Callaghan [17]及其团队在 25 年随访中报告了其 77% 的生存率(以需要翻修为终点)。后续研究进一步验证了其长期持久性。在骨水泥固定和高密度聚乙烯的加持下, 术后 20 年的翻修率低至每年 0.5%, 极大地延长了假体的使用寿命。由最初的高风险实验性手术发展至今, 髋关节置换术的成功率已超过 95% [18]。直至今日, 髋关节置换手术仍展现出了它强大的生命力。

3. 老年骨质疏松与髋部骨折

1835 年, 法国病理学家兼外科医生 Jean Lobstein 首次提出“骨质疏松症”一词, 当时的描述主要聚焦于蓝灰色巩膜的特征, 可能与 I 型成骨不全相关。他在研究中发现骨组织标本中毛细血管空间扩张, 伴随皮质骨的丧失为代价。骨质疏松性骨丢失主要源于骨骼稳态调节过程中重塑活动的失衡, 特别是在中央骨区域, 这种重塑活动更加显著[19]。

目前, 评估骨骼的两种主要成像技术是 X 线摄影和双能 X 射线吸收法(DXA), 可有效测定骨矿物质含量和骨密度[20][21]。骨组织的结构持续变化, 骨吸收加速及破骨细胞活性增强可能导致骨量减少。而骨形成减少, 可能源于成骨细胞在有机基质形成过程中的活性下降, 或无机钙盐无法有效沉积所致。同时, 在年轻人中, 可能会出现高钙血症伴随废用性骨质疏松的现象[22][23]。

美国国立卫生研究院(NIH)专家小组达成共识, 骨质疏松症(主要表现为低骨密度)与骨折风险密切相关[24]。在中老年人群中, 骨密度每降低 1 个标准差(SD), 骨折的相对风险(RR)增加 1.4 到 2.9 倍。髋部骨折的风险则随着年龄每增长 10 岁, 而增加 3 倍[25][26]。对于 50 岁及以上的女性而言, 骨质疏松性骨折极为常见, 其中髋部骨折的发生率为 11%至 18%, 一名 70 岁的白人妇女髋部骨折终生风险平均为 16% [27][28]。

性别也是影响骨质变化的因素之一。男性的骨骼通常较大, 且皮质区面积也更广。在男女两性中, 皮质区面积在 70 岁之前持续增长, 随后开始下降, 女性在绝经后这一趋势更为明显。此外, 随年龄增长, 骨皮质变薄速度加快[29]。Riggs [30]等人的研究指出, 骨膜和皮质内的骨重塑导致皮层向外移位。女性皮质体积骨密度(vBMD)的下降幅度(25%)高于男性(18%), 这一现象表明皮质下吸收加剧, 皮质孔隙度增

加, 骨小梁 vBMD 显著下降, 这可能是老年人骨骼脆弱性增强的主要原因。

与骨膜扩张相比, 骨膜内的扩张更加明显, 进而导致皮质骨变薄。Buenzli [31]团队的模型表明, 骨表面可用性差异显著影响骨横截面内孔隙度的演变。随着骨皮质区域的退化, 机械应力向骨膜转移。皮质骨的丧失不仅降低皮质骨体积分数, 还使得厚度变薄, 这一变化主要源于内表面的骨质丢失, 内应力逐渐向骨膜的方向重新分布, 且这种再分布不成比例。这种机械反馈机制可能诱发骨膜的反应性变化, 从而导致皮质进一步退化, 增加骨骼结构受损风险, 表现为皮质壁变薄和髓腔扩张。

Dorr [32]和 Noble [33]等人都对这种股骨形态进行了描述, 1988 年, Noble 提出了股骨髓腔闪烁指数 (CFI), 即小转子中点下方约 20 毫米处的股骨皮质宽度与峡部宽度之比, 将髓腔形态分为烟囱型(<3.0)、正常型(3.0~4.7)和香槟型(>4.7), 并观察到髓腔峡部每十年约扩张 1.3 毫米。1993 年, Dorr 引入股骨距 - 髓腔比率(X/Y), 即在小粗隆下方 10 厘米处的髓腔内径与股骨内径之比, 将股骨近端几何形态分为 A 型(<0.5)、B 型(0.5~0.75)与 C 型(>0.75)呈“烟囱”状。Zebaze [34]等对 122 名女性患者的研究发现, 随着年龄增长, 皮质骨体积逐渐减少, 80 岁以上群体中性别差异减弱, 冠状面上的髓腔结构趋于“均质”。这种从香槟形向烟囱状的形态演变, 可能是由于皮质骨变薄及内孔隙的增加所致。Miettinen [35]等在对 2913 例髋关节置换患者的研究中观察到, 其中 118 例伴有股骨干骨折, 这些患者的股骨近端多呈现香槟型或烟囱型股骨形态, 且多为 Dorr C 型。此类问题常见于老年女性(平均年龄超过 85 岁), 并且通常伴有体重较低和骨密度降低的情况。许多患者存在原发性骨质疏松或者继发性骨质疏松。此类情况不仅表现为骨密度降低, 还可能导致股骨近端结构的重塑与退化[36]。

总之, 老年患者普遍存在的骨质疏松反映出骨生物力学的全面衰退, 值得注意的是, 亚洲人和西方人在股骨近端形态方面存在差异, 应充分考虑其对亚洲人群预后的潜在影响[37]。因此, 准确评估骨质状况对提高手术成功率和降低术后并发症风险至关重要。

4. 骨质疏松对假体固定与术后稳定性的影响

髋关节置换术的主要目标是改善髋关节的功能、缓解疼痛、提高患者生活质量, 并实现术后早期下地行走[38]。然而多数老年患者常伴有骨质疏松症, 这一因素极大地限制了手术的成功率, 并可能导致假体失效[39]。随着骨吸收增加, 骨小梁结构退化, 尤其是在股骨颈 Ward 三角区, 骨小梁丢失显著, 同时软组织对能量的吸收能力下降。这些因素均不利于假体的初始固定和长期稳定[33]。

紧密的假体与髓腔接触能有效降低假体与骨界面处的应力集中, 而在某些个体中, 即便是细微的形态变化, 也可能显著增加全髋关节置换术失败的风险[33]。Miettinen 等人[35]的研究表明, 股骨形态是髋关节置换术中发生骨折的独立危险因素。他们认为, 在假体尖端或髓腔内注射骨水泥可改善内植入物的锚固性[40]。

骨水泥固定方式是通过在假体与股骨髓腔之间注入骨水泥, 术中可立即提供良好的稳定性, 固化后的骨水泥也能维持长期固定[41]。在骨质疏松性股骨进行骨水泥注入时, 可能出现骨水泥层过厚(超过 1~2 mm)或覆盖范围不足, 均可能导致无菌性松动。此外, 若使用尺寸较大的股骨柄, 也会加剧应力遮挡效应[42]。

老年患者常伴有基础疾病, 在置换术中更易出现并发症, 如缺氧、低血压、心律失常、肺血管阻力增加(PVR)甚至心脏骤停等骨水泥植入综合征(BCIS)症状。Donaldson [43]等人指出, 骨水泥植入过程中产生的高髓内压力会引发放热反应, 导致假体与骨之间空间膨胀, 进而将空气和髓质内容物挤入血液循环, 引发血流动力学变化和栓塞, 尤其对于有心血管病史的患者更需警惕。

无论是通过组织长入、加压还是骨水泥固定, 股骨尺寸与假体之间的密切匹配在临床中至关重要。假体的髓内稳定依赖于近端与远端负荷之间的协调传递, 这种相对作用取决于许多因素, 包括假体与骨的贴合度以及固定区域的刚性。

此外,在骨质疏松患者中,除了考虑骨折疏松的严重程度,还需关注患者的骨整合能力。孙长蛟[44]等人指出,骨整合过程首先需要成骨细胞在植入体表面黏附和聚集,随后分泌骨基质,促使新骨直接形成并逐步向骨创面延伸。非骨水泥型假体凭借其独特的多孔表面结构,与股骨髓腔紧密嵌合,从而实现初期压配固定,并促使宿主骨细胞通过微孔层向内生长,最终获得长期生物学稳定性[45]。为确保这种稳固固定,假体与骨面之间的间隙应小于 1 mm,同时应根据股骨髓腔形态选择匹配的假体柄[46]。

然而,骨质疏松不仅是术中骨折和非骨水泥假体稳定性降低的主要原因,也显著增加术后假体周围骨折的风险。Lindberg-Larsen [47]等回顾性分析 6783 例患者,非骨水泥假体骨折发生率为 2.4%,而骨水泥假体仅为 0.9%,且随着年龄增加,非骨水泥假体的骨折风险进一步上升。在对 62 例 Dorr C 型患者的平均 13.2 年随访中,非骨水泥固定总体表现良好,但仍出现 6 例髌臼翻修,4 例轻度大腿疼痛和 7 例粗隆部骨溶解[48]。烟囪型股骨形态为初始固定带来额外挑战,且细胞功能异常也影响骨长入[49]。

假体松动是导致手术失败的另一主要因素。Tarala 等[50]模拟骨整合过程发现,在骨质量最差时,假体初始接触面积仅为 51%,并伴有明显沉降。沉降结束后启动骨整合,显著减少界面微动,防止种植体下沉,并通过扩大假体与骨的接触面积加速骨长入,提升稳定性。根据 Wolff 定律,异常应力会驱使骨骼重塑向负平衡发展,造成股骨近端骨量减少、皮质变薄和骨密度降低,进一步不利于骨水泥锚定和骨长入,增加骨-假体界面松动的风险[51]。同时,种植体的初期稳定性依赖于控制界面微动。尽管通过扩大近端接触面积有助于减少应力遮挡并促进骨整合,但也可能对整体固定效果产生不利影响。

术后近端应力遮挡已被证实是无菌性松动的关键因素之一[52]。McLaughlin 等[53]对 60 例 Dorr C 型髋关节患者进行了平均 16.6 年的随访,结果显示近端应力屏蔽的发生率高达 83%。因此,固定方式可能更多地受个体股骨几何形状的影响[54]。而老年骨质疏松性患者的解剖与生物力学特性已成为现代手术的一个核心挑战。

5. 翻修手术的挑战

老年骨质疏松患者在初次髋关节置换中常面临生物力学和固定困难等问题,不仅增加了手术并发症的风险,也为后续翻修手术带来了严峻挑战。

全髋关节置换术(THA)翻修因多种原因而进行,其操作技术难度较高,且可能进一步削弱骨库存。Harrison 等人[55]对 103 例因骨水泥假体无菌性松动而接受首次翻修的患者进行了至少 5 年的随访,结果发现术前已有 45%的患者表现为 EndoKlinik C 级骨质丢失。在各类翻修手术中,骨移植物常难以实现有效的骨整合与连续性重建。术后如手术失败,翻修侧股骨髓腔扩张程度可达原来的两倍[56]。在骨质严重流失和结构不稳定的情况下,其固定和骨整合效果也同样受到限制,显著增加了手术难度及术后并发症风险,且这种风险在二次翻修患者中更高。

骨质疏松所导致的股骨髓腔扩大,在假体植入过程中往往需大量去除髓内组织及部分内侧皮质骨以适应股骨的生理前弓,这进一步削弱了股骨强度和皮质厚度。加上高龄患者骨髓干细胞数量减少,这些因素均不利于骨-假体界面形成新骨。因此,在确保假体稳定固定的基础上,尽可能保留股骨骨量,对于改善长期手术效果具有重要意义[57]。

在早期应用中,通常使用 ABG II 柄对 Dorr C 型股骨行全髋关节置换,但无论采用短柄还是标准柄,其术后假体周围骨折风险均较高,部分原因在于假体顶端股骨皮质因松动形成薄弱区,易引发后续骨折[49]。此外,一项研究报道了 37 例存在广泛股骨骨缺损的患者,采用 205 mm 骨水泥长柄 Exeter 假体进行翻修,平均随访 9 年,假体生存率达 96.3%。其中 1 例因复发性脱位于 5 年后再次重建,9 例(24%)在术中发生骨折或骨裂,另有 2 例(5%)在术后发生假体周围骨折,均通过钢板固定处理。尽管假体整体稳定性良好,但翻修患者骨量普遍不足[58]。

6. 翻修手术的策略优化

在假体翻修中会遇到多种复杂情况，即使通过调整手术策略，在扩髓和假体植入过程中仍应保持动作轻柔，避免股骨髓腔破裂，一旦发生股骨骨折，术中应及时使用钢丝或电缆进行围扎固定[59]。若术中骨折处理困难，甚至需要改变手术入路来完成。当髌臼骨缺损严重时，需使用结构性植骨或金属垫块进行重建，以重建髌关节旋转中心并增加骨储量[60]。潘琦[61]等在 17 例髌关节翻修手术中，采用生物型加长柄联合同种异体骨移植进行重建，显著改善了髌关节功能，并取得了令人满意的短期疗效。Feyen [62]也报道了 10 例术中骨折，均在环扎钢丝后取得了良好的固定效果。

已有研究总结了六种常用的假体固定技术，其中同种异体移植骨支架联合环系索在长柄无骨水泥假体中，可提供优异的稳定性和强度，推荐用于处理假体松动骨折。带有近端皮质螺钉的钢板则提供了最佳固定强度，而带环系索的支架则具有最佳稳定性。此外，对于股骨柄尖端骨折，不建议在未采取额外内固定措施的情况下直接转换为加长、远端光滑的非骨水泥柄[63]。

另一项生物力学研究显示[64]，螺钉加固的钢板结构联合近端电缆固定方案具有最高稳定性，因此建议在固定假体周围骨折时辅以螺钉、钢板，而非单独使用电缆固定。Duwelius [65]等人曾报告一例典型病例，患者因使用 90-90 钢板和同种异体植骨固定失败而导致骨不连，后经植入物及原假体移除，并更换为长柄无骨水泥假体，结合钢丝、钢板、螺钉与异体植骨支撑进行翻修，最终实现骨愈合。还有两例患者在非骨水泥假体植入过程中发生小粗隆下骨折，通过两根环扎钢丝成功处理，术后无并发症发生。

手术过程中还应重点关注与骨折风险密切相关的步骤，如髌关节脱位、骨水泥取出、髓腔准备及假体植入等过程，同时通过适当软组织切除来减少术野暴露所需的牵拉力。在复杂翻修手术中，术前必须详细规划，充分识别容易引发骨折的畸形部位或骨质流失区域，术中利用透视确保导丝精确置于髓腔中心，并在术后行 X 线检查以排查可能遗漏的潜在骨折[66]。

7. 总结

对于老年及骨质疏松患者，选择更符合髓腔形态的假体设计有助于降低术后并发症风险。此外，充分考虑股骨几何形态和骨质密度的术前影像评估是制定个体化假体选择和手术方案、提高手术长期稳定性的关键。

参考文献

- [1] Lorentzon, M. and Cummings, S.R. (2015) Osteoporosis: The Evolution of a Diagnosis. *Journal of Internal Medicine*, 277, 650-661. <https://doi.org/10.1111/joim.12369>
- [2] Cummings, S.R. and Melton, L.J. (2002) Epidemiology and Outcomes of Osteoporotic Fractures. *The Lancet*, 359, 1761-1767. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(02\)08657-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(02)08657-9)
- [3] Cooper, C., Campion, G. and Melton, L.J. (1992) Hip Fractures in the Elderly: A World-Wide Projection. *Osteoporosis International*, 2, 285-289. <https://doi.org/10.1007/bf01623184>
- [4] 魏永康, 陈平波. 老年髌部骨折围手术期常见并发症风险因素研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(7): 11354-11360.
- [5] 蔡蔚, 胡文帅, 赵进喜. 全髌关节置换术与人工股骨头置换术治疗老年股骨颈骨折的临床效果分析[J]. 中国社区医师, 2024, 40(29): 15-17.
- [6] Mak, J.C.S., Cameron, I.D. and March, L.M. (2010) Evidence-Based Guidelines for the Management of Hip Fractures in Older Persons: An Update. *Medical Journal of Australia*, 192, 37-41. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2010.tb03400.x>
- [7] Klestil, T., Röder, C., Stotter, C., Winkler, B., Nehrer, S., Lutz, M., et al. (2018) Impact of Timing of Surgery in Elderly Hip Fracture Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Scientific Reports*, 8, Article No. 13933. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32098-7>
- [8] Szita, J., Cserháti, P., Bosch, U., Manninger, J., Bodzay, T. and Fekete, K. (2002) Intracapsular Femoral Neck Fractures:

- The Importance of Early Reduction and Stable Osteosynthesis. *Injury*, **33**, 41-46. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(02\)00330-3](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(02)00330-3)
- [9] Martínez Tapia, A.G., Ugalde Hernández, E., Ramos Texta, J. and Domínguez González, R.C. (2024) Valoración funcional en pacientes mayores de 80 años postoperados de fractura de cadera con sustitución del calcar y colocación de hemiprótisis de Thompson. *Acta Médica Grupo Ángeles*, **22**, 11-16. <https://doi.org/10.35366/114587>
 - [10] Forsh, D.A. and Ferguson, T.A. (2012) Contemporary Management of Femoral Neck Fractures: The Young and the Old. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, **5**, 214-221. <https://doi.org/10.1007/s12178-012-9127-x>
 - [11] Mraz, S.J. (2019) Study Finds 60% of Hip Implants Last 25 Years. *Machine Design*, **91**.
 - [12] Sah, P., *et al.* (2022) Acetabulum; Anterior Hip Replacement; C-Arm; Hip Arthritis; Hip Arthroplasty; Mini-Anterior Approach; Muscle-Sparing Surgery; Proximal Femur. Springer.
 - [13] Learmonth, I.D., Young, C. and Rorabeck, C. (2007) The Operation of the Century: Total Hip Replacement. *The Lancet*, **370**, 1508-1519. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(07\)60457-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(07)60457-7)
 - [14] Endo, N. (2007) Treatment of Osteoarthritic Change in the Hip. Springer.
 - [15] Baig, M., Kearns, S., Shannon, F.J. and Devitt, A. (2021) Ten Inventions That Shaped Modern Orthopedics. *Cureus*, **13**, e12819. <https://doi.org/10.7759/cureus.12819>
 - [16] Charnley, J. (1961) Arthroplasty of the Hip: A New Operation. *The Lancet*, **277**, 1129-1132. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(61\)92063-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(61)92063-3)
 - [17] Callaghan, J.J., Albright, J.C., Goetz, D.D., Olejniczak, J.P. and Johnston, R.C. (2000) Charnley Total Hip Arthroplasty with Cement: Minimum Twenty-Five-Year Follow-Up. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, **82**, 487-497. <https://doi.org/10.2106/00004623-200004000-00004>
 - [18] Wroblewski, B.M., Siney, P.D. and Fleming, P.A. (2006) The Charnley Hip Replacement—43 Years of Clinical Success. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca*, **73**, 6-9. <https://doi.org/10.55095/achot2006/001>
 - [19] Galassi, F.M. and Varotto, E. (2023) Osteoporosis and Vertebral Trabecular Bone Health: An Historico-Anthropological Perspective. *Anthropological Review*, **86**, 17-22. <https://doi.org/10.18778/1898-6773.86.1.02>
 - [20] Gregory, J.S. and Aspden, R.M. (2008) Femoral Geometry as a Risk Factor for Osteoporotic Hip Fracture in Men and Women. *Medical Engineering & Physics*, **30**, 1275-1286. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2008.09.002>
 - [21] Cummings, S.R. (1990) Appendicular Bone Density and Age Predict Hip Fracture in Women. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, **263**, 665-668. <https://doi.org/10.1001/jama.1990.03440050059033>
 - [22] Albright, F., Burnett, C.H., Cope, O. and Parson, W. (1941) Acute Atrophy of Bone (Osteoporosis) Simulating Hyperparathyroidism. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **1**, 711-716. <https://doi.org/10.1210/jcem-1-9-711>
 - [23] Bouxsein, M.L. (2006) Biomechanics of Osteoporotic Fractures. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*, **4**, 143-154. <https://doi.org/10.1385/bmm:4:3:143>
 - [24] NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy (2001) Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, **285**, 785-795. <https://doi.org/10.1001/jama.285.6.785>
 - [25] Ross, P.D., Davis, J.W., Epstein, R.S. and Wasnich, R.D. (1991) Pre-Existing Fractures and Bone Mass Predict Vertebral Fracture Incidence in Women. *Annals of Internal Medicine*, **114**, 919-923. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-114-11-919>
 - [26] Cummings, S.R., Nevitt, M.C., Browner, W.S., Stone, K., Fox, K.M., Ensrud, K.E., *et al.* (1995) Risk Factors for Hip Fracture in White Women. *New England Journal of Medicine*, **332**, 767-773. <https://doi.org/10.1056/nejm199503233321202>
 - [27] Kanis, J.A., Johnell, O., Oden, A., *et al.* (2000) Long-Term Risk of Osteoporotic Fracture in Malmö. *Osteoporosis International*, **11**, 669-674.
 - [28] Black, D.M., Arden, N.K., Palermo, L., Pearson, J. and Cummings, S.R. (1999) Prevalent Vertebral Deformities Predict Hip Fractures and New Vertebral Deformities but Not Wrist Fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*, **14**, 821-828. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1999.14.5.821>
 - [29] Feik, S.A., Thomas, C.D.L. and Clement, J.G. (1997) Age-Related Changes in Cortical Porosity of the Midshaft of the Human Femur. *Journal of Anatomy*, **191**, 407-416. <https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.1997.19130407.x>
 - [30] Riggs, B.L., Melton, L.J., Robb, R.A., Camp, J.J., Atkinson, E.J., Peterson, J.M., *et al.* (2004) Population-Based Study of Age and Sex Differences in Bone Volumetric Density, Size, Geometry, and Structure at Different Skeletal Sites. *Journal of Bone and Mineral Research*, **19**, 1945-1954. <https://doi.org/10.1359/jbmr.040916>
 - [31] Buenzli, P.R., Thomas, C.D.L., Clement, J.G. and Pivonka, P. (2013) Endocortical Bone Loss in Osteoporosis: The Role

- of Bone Surface Availability. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, **29**, 1307-1322. <https://doi.org/10.1002/cnm.2567>
- [32] Dorr, L.D., Faugere, M., Mackel, A.M., Gruen, T.A., Bogner, B. and Malluche, H.H. (1993) Structural and Cellular Assessment of Bone Quality of Proximal Femur. *Bone*, **14**, 231-242. [https://doi.org/10.1016/8756-3282\(93\)90146-2](https://doi.org/10.1016/8756-3282(93)90146-2)
- [33] Noble, P.C., Alexander, J.W., Lindahl, L.J., Yew, D.T., Granberry, W.M. and Tullos, H.S. (1988) The Anatomic Basis of Femoral Component Design. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **235**, 148-165. <https://doi.org/10.1097/00003086-198810000-00015>
- [34] Zebaze, R.M., Ghasem-Zadeh, A., Bohte, A., Iuliano-Burns, S., Mirams, M., Price, R.I., et al. (2010) Intracortical Remodelling and Porosity in the Distal Radius and Post-Mortem Femurs of Women: A Cross-Sectional Study. *The Lancet*, **375**, 1729-1736. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(10\)60320-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(10)60320-0)
- [35] Miettinen, S.S.A., Mäkinen, T.J., Kostensalo, I., Mäkelä, K., Huhtala, H., Kettunen, J.S., et al. (2015) Risk Factors for Intraoperative Calcar Fracture in Cementless Total Hip Arthroplasty. *Acta Orthopaedica*, **87**, 113-119. <https://doi.org/10.3109/17453674.2015.1112712>
- [36] 李毅中, 李建龙, 林金矿, 等. 髓腔闪烁指数在全髋关节置换测量中的意义[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(52): 9702-9706.
- [37] Umer, M., Sepah, Y.J., Khan, A., Wazir, A., Ahmed, M. and Jawad, M.U. (2010) Morphology of the Proximal Femur in a Pakistani Population. *Journal of Orthopaedic Surgery*, **18**, 279-281. <https://doi.org/10.1177/230949901001800304>
- [38] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政司. 老年髋部骨折诊疗与管理指南(2022 年版) [J]. 骨科临床与研究杂志, 2023, 8(2): 77-83.
- [39] Winner, S.J., Morgan, C.A. and Evans, J.G. (1989) Perimenopausal Risk of Falling and Incidence of Distal Forearm Fracture. *BMJ*, **298**, 1486-1488. <https://doi.org/10.1136/bmj.298.6686.1486>
- [40] Bonnaire, F., Zenker, H., Lill, C., Weber, A.T. and Linke, B. (2005) Treatment Strategies for Proximal Femur Fractures in Osteoporotic Patients. *Osteoporosis International*, **16**, S93-S102. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1746-7>
- [41] Levashov, G., Hasan, M.H., Frakulli, A., Macaalay, J. and Nahad, K. (2024) An Overview of Bone Cement Compositions Used in Vertebroplasty and Their Viability in Clinical Settings. *International Journal of Engineering Materials and Manufacture*, **9**, 1-14. <https://doi.org/10.26776/ijemm.09.01.2024.01>
- [42] Karachalios, T.S., Koutalos, A.A. and Komnos, G.A. (2019) Total Hip Arthroplasty in Patients with Osteoporosis. *HIP International*, **30**, 370-379. <https://doi.org/10.1177/1120700019883244>
- [43] Donaldson, A.J., Thomson, H.E., Harper, N.J. and Kenny, N.W. (2009) Bone Cement Implantation Syndrome. *British Journal of Anaesthesia*, **102**, 12-22. <https://doi.org/10.1093/bja/aen328>
- [44] 孙长蛟, 余鹏, 许平平, 等. 骨质疏松患者髋关节置换术的研究进展[J]. 中国骨与关节杂志, 2022, 11(11): 847-853.
- [45] 黄敬叶, 罗世兴. 骨水泥型与非骨水泥型髋关节置换的研究进展[J]. 医学综述, 2017, 23(11): 2186-2189, 2196.
- [46] Unnanuntana, A., Wagner, D. and Goodman, S.B. (2009) The Accuracy of Preoperative Templating in Cementless Total Hip Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **24**, 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2007.10.032>
- [47] Lindberg-Larsen, M., Jørgensen, C.C., Solgaard, S., Kjersgaard, A.G. and Kehlet, H. (2017) Increased Risk of Intraoperative and Early Postoperative Periprosthetic Femoral Fracture with Uncemented Stems. *Acta Orthopaedica*, **88**, 390-394. <https://doi.org/10.1080/17453674.2017.1302908>
- [48] Reitman, R.D., Emerson, R., Higgins, L. and Head, W. (2003) Thirteen Year Results of Total Hip Arthroplasty Using a Tapered Titanium Femoral Component Inserted without Cement in Patients with Type C Bone. *The Journal of Arthroplasty*, **18**, 116-121. [https://doi.org/10.1016/s0883-5403\(03\)00344-9](https://doi.org/10.1016/s0883-5403(03)00344-9)
- [49] Li, M., Zeng, Y., Nie, Y., Liao, K., Pei, F., Yang, J., et al. (2023) A High Risk of Postoperative Periprosthetic Femoral Fracture in Dorr Type C Femurs: A Retrospective Cohort Study with Ten-Year Follow-Up Data and a Preliminary Monochromatic Image Analysis. *International Journal of Surgery*, **110**, 296-305. <https://doi.org/10.1097/js9.0000000000000810>
- [50] Tarala, M., Janssen, D. and Verdonchot, N. (2013) Toward a Method to Simulate the Process of Bone Ingrowth in Cementless THA Using Finite Element Method. *Medical Engineering & Physics*, **35**, 543-548. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2012.10.010>
- [51] Wolff, J. (1884) Das Gesetz der inneren Transformation der Knochen bei pathologischen Veränderungen der ueren Knochenform. Sitzg. Physik-Math, Sitz. Ber. Press.
- [52] Galante, J.O. and Jacobs, J. (1992) Clinical Performances of Ingrowth Surfaces. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **276**, 41-49. <https://doi.org/10.1097/00003086-199203000-00007>
- [53] McLaughlin, J.R. and Lee, K.R. (2016) Long-Term Results of Uncemented Total Hip Arthroplasty with the Taperloc

- Femoral Component in Patients with Dorr Type C Proximal Femoral Morphology. *The Bone & Joint Journal*, **98**, 595-600. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.98b5.35816>
- [54] Schilcher, J., Ivarsson, I., Perlbach, R. and Palm, L. (2017) No Difference in Periprosthetic Bone Loss and Fixation between a Standard-Length Stem and a Shorter Version in Cementless Total Hip Arthroplasty. A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Arthroplasty*, **32**, 1220-1226. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2016.11.015>
- [55] Harrison, T., Jones, H.W., Darrah, C., Warriner, G. and Tucker, J.K. (2013) Long Stem Cemented Revision Arthroplasty for Aseptic Loosening in Elderly Patients Produces Good Results, Despite Significant Bone Loss. *HIP International*, **23**, 54-59. <https://doi.org/10.5301/hip.2013.10615>
- [56] Hofmann, A.A., Wyatt, R.W.B., France, E.P., Bigler, G.T., Daniels, A.U. and Hess, W.E. (1989) Endosteal Bone Loss after Total Hip Arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **245**, 138-144. <https://doi.org/10.1097/00003086-198908000-00021>
- [57] 简小飞, 陈廖斌, 蒋林. 远端生物固定翻修柄在老年患者髋关节股骨侧翻修中的应用[J]. 中华老年医学杂志, 2018, 37(10): 1122-1125.
- [58] te Stroet, M.A.J., Bronsema, E., Rijnen, W.H.C., Gardeniers, J.W.M. and Schreurs, B.W. (2014) The Use of a Long Stem Cemented Femoral Component in Revision Total Hip Replacement. *The Bone & Joint Journal*, **96**, 1207-1213. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.96b9.33304>
- [59] Liu, P., Qiao, Y., Lou, J., et al. (2023) Cementless Total Hip Arthroplasty for Treatment of Acetabular Protrusion Secondary to Rheumatoid Arthritis. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2413042/v1>
- [60] 翁习生. 人工髋关节翻修术中髋臼骨缺损的重建方法[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(1): 10-18.
- [61] 潘琦, 吴烨, 王力军. 生物型加长柄联合同种异体骨移植在股骨假体翻修术中的应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(4): 408-409.
- [62] Feyen, H. and Shimmin, A.J. (2014) Is the Length of the Femoral Component Important in Primary Total Hip Replacement? *The Bone & Joint Journal*, **96**, 442-448. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.96b4.33036>
- [63] Schmotzer, H., Tchejyan, G.H. and Dall, D.M. (1996) Surgical Management of Intra- and Postoperative Fractures of the Femur about the Tip of the Stem in Total Hip Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **11**, 709-717. [https://doi.org/10.1016/s0883-5403\(96\)80010-6](https://doi.org/10.1016/s0883-5403(96)80010-6)
- [64] Dennis, M.G., Simon, J.A., Kummer, F.J., Koval, K.J. and DiCesare, P.E. (2000) Fixation of Periprosthetic Femoral Shaft Fractures Occurring at the Tip of the Stem. *The Journal of Arthroplasty*, **15**, 523-528. <https://doi.org/10.1054/arth.2000.4339>
- [65] Duwelius, P.J., Schmidt, A.H., Kyle, R.F., Talbott, V., Ellis, T.J. and Butler, J.B.V. (2004) A Prospective, Modernized Treatment Protocol for Periprosthetic Femur Fractures. *Orthopedic Clinics of North America*, **35**, 485-492. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2004.05.001>
- [66] Davidson, D., Pike, J., Garbuz, D., Duncan, C.P. and Masri, B.A. (2008) Intraoperative Periprosthetic Fractures during Total Hip Arthroplasty: Evaluation and Management. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, **90**, 2000-2012. <https://doi.org/10.2106/jbjs.h.00331>