

# 脊柱 - 骨盆 - 髋关节复合体：生物力学耦合、病理交互与手术策略的演变

周桉黎, 鲁宁

昆明医科大学第二附属医院骨科, 云南 昆明

收稿日期: 2026年2月18日; 录用日期: 2026年3月11日; 发布日期: 2026年3月20日

## 摘要

人体直立行走的进化特征决定了脊柱、骨盆与髋关节在解剖与功能上密不可分, 构成了独特的脊柱 - 骨盆 - 髋关节复合体(Spine-Pelvis-Hip Complex, SPHC)。在传统“脊柱外科/关节外科”分科框架下, SPHC相关问题容易被“髋”和“脊柱”割裂评估, 导致疼痛来源误判、影像学解释偏差以及围手术期策略不匹配。近年来, “髋 - 脊综合征”从症状学概念发展为可量化的几何与运动学框架: 骨盆形态参数(如PI)限定个体矢状位对线潜力, 姿势参数(PT、SS等)体现体位状态, 站立 - 坐位转换中的骨盆旋转及脊柱柔韧性共同决定髋臼(或THA杯体)的功能性朝向与稳定边界。对于腰椎退变、既往融合或矢状位失衡导致的“脊柱 - 骨盆僵硬”患者, 经典Lewinnek“安全区”常失效, 撞击与脱位风险显著升高。本文以“形态学→姿势/活动度→功能性髋臼朝向→病理交互→手术策略”作为主线, 梳理SPHC关键参数体系、多体位影像评估、常用分型(Steffl/Phan/Vigdorchik)及综合指标(如CSI), 并总结更具操作性的临床建议: 以站立与坐位侧位片量化 $\Delta SS/\Delta PT$ , 按分型设定目标杯位范围, 必要时结合双动头/约束内衬、导航/机器人及手术顺序优化, 从而在“功能性安全区”框架下实现个体化稳定性管理。

## 关键词

脊柱 - 骨盆 - 髋关节复合体, 脊柱侧凸, 髋关节发育不良, 髋 - 脊综合征, 全髋关节置换

# The Spine-Pelvis-Hip Complex: Biomechanical Coupling, Pathologic Interactions, and the Evolution of Surgical Strategies

Anli Zhou, Ning Lu

Department of Orthopedics, The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming Yunnan

Received: February 18, 2026; accepted: March 11, 2026; published: March 20, 2026

文章引用: 周桉黎, 鲁宁. 脊柱-骨盆-髋关节复合体: 生物力学耦合、病理交互与手术策略的演变[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 3515-3522. DOI: 10.12677/acm.2026.1631158

## Abstract

Human bipedalism creates an inseparable anatomic and functional linkage among the spine, pelvis, and hip, conceptualized as the Spine-Pelvis-Hip Complex (SPHC). Under the traditional separation of “spine” and “hip” specialties, SPHC-related disorders are often assessed in isolation, increasing the risk of misidentifying pain generators, misinterpreting imaging, and applying mismatched perioperative strategies. In recent years, hip-spine syndrome has evolved from a symptom-based concept into a quantifiable geometric and kinematic framework: pelvic morphologic parameters (e.g., pelvic incidence) define an individual’s sagittal alignment potential, while postural parameters (pelvic tilt and sacral slope) reflect position-dependent states. Importantly, pelvic rotation during standing-to-sitting transition and spinal flexibility jointly determine functional acetabular (or total hip arthroplasty cup) orientation and stability boundaries. In patients with lumbar degeneration, prior fusion, or sagittal malalignment with reduced spinopelvic mobility, the classic Lewinnek “safe zone” may fail, leading to higher impingement and dislocation risk. This narrative review follows a logical pathway—morphology → posture/mobility → functional acetabular orientation → pathologic interaction → surgical strategy—to summarize key parameters, multiview imaging workup, commonly used classifications (Steffl/Phan/Vigdorichik), and integrative metrics (e.g., CSI). We emphasize actionable recommendations, including standardized standing and sitting lateral radiographs to quantify  $\Delta SS/\Delta PT$ , classification-guided target cup orientation, and selective use of dual-mobility/constrained constructs and navigation/robotics to achieve a functional, patient-specific safe zone.

## Keywords

Spine-Pelvis-Hip Complex, Adolescent Idiopathic Scoliosis, Developmental Dysplasia of the Hip, Hip-Spine Syndrome, Total Hip Arthroplasty

Copyright © 2026 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. 引言

在人类直立姿态的维持中，骨盆起到了至关重要的枢纽作用。它不仅是脊柱的底座，也是下肢力线传导的起点。Dubousset 不仅提出了“经济圆锥”理论，更将骨盆定义为连接脊柱与下肢的“骨盆椎体(Pelvic Vertebra)”。在这一中间枢纽上，人体通过脊柱的矢状位曲度调节与髋关节的屈伸代偿，极力将重心维持在圆锥体内[1]。当这一链条中的任一环节发生病变(如脊柱侧凸导致的躯干失衡，或髋关节发育不良导致的关节不稳)，人体必然启动代偿机制。当代偿机制耗竭或出现失代偿时，便可能表现为疼痛、疲劳和功能障碍[2]。

1983 年 Offierski 与 MacNab 提出“髋-脊综合征(hip-spine syndrome)”，指出髋与脊柱病变常同时存在并导致症状交叠、误诊与治疗失效[3]。此后，脊柱矢状位对线参数体系(PI、PT、SS 等)与多体位影像学(站立/坐位侧位)使“髋-脊关系”从经验判断走向可量化评估；与此同时，THA 脱位与“安全区失效”等临床困境推动髋外科将骨盆活动度与脊柱柔韧性纳入杯体定位与稳定性管理，从而形成现代 SPHC 框架的两条主线：(1) 对线与代偿的生物力学解释；(2) 影像评估与手术策略的临床落地。

## 2. SPHC 的解剖学与运动学基础

### 2.1. 骶髂复合体与骨盆

骨盆位于躯干与下肢之间, 既承载来自脊柱/躯干的负荷, 也将由下肢传入的地面反力上行传递至脊柱。其在矢状位具有“形态-姿势”二元属性: 骨盆入射角(PI)主要反映个体解剖形态, 而骨盆倾斜(PT)与骶骨倾斜(SS)反映体位下的姿势旋转状态。该体系的几何关系  $PI = PT + SS$  构成现代脊柱对线评估与矫形规划的基础语言[4] [5]。

需要强调的是: 临床必须严格区分脊柱-骨盆倾斜角(PT)与前骨盆平面倾角(APP Tilt)。PT 是基于重力垂线的绝对参数, 而 APP Tilt 是基于冠状面的相对参数。在解剖学上, APP Tilt 每向后倾斜  $1^\circ$ , 通常对应脊柱 PT 增加约  $1^\circ$ , 但二者的零点截然不同。混淆这两个参照系是导致髋臼杯放置误差的主要原因。

### 2.2. 体位转换中的骨盆旋转与髋臼功能性朝向

从站立到坐位, 骨盆通常发生后倾约  $20^\circ$ , 以增加髋臼功能性前倾(约增加  $15^\circ \sim 20^\circ$ )来容纳屈髋、降低前方撞击并减少不稳风险; 与之同步, 骶骨倾斜(SS)减少、腰椎前凸(LL)减小, 以维持上身平衡[6] [7]。该协同过程常被概括为“脊柱-骨盆节律(spinopelvic rhythm)”, 其本质是把静态对线转化为日常功能中的动态安全边界。

多项研究量化了骨盆倾斜与髋臼(或杯体)前倾的耦合: 一般认为骨盆每发生  $1^\circ$  倾斜, 可引起髋臼/杯体前倾约  $0.7^\circ \sim 0.8^\circ$  的变化(方向取决于前倾或后倾) [8] [9]。这解释了为什么仅凭单一体位 AP 骨盆片可能低估或高估真实的“功能性覆盖/稳定性”。

当腰椎退变或融合导致站立-坐位转换时骨盆旋转受限(常以站坐  $\Delta SS \leq 10^\circ$  作为“僵硬/低活动度”的操作性阈值), 髋臼功能性朝向随体位变化不足, 可能出现屈髋受限、撞击风险上升以及 THA 术后不稳风险增加等问题[9]-[11]。对 THA 人群, 站坐位影像可用于识别“固定性脊柱-骨盆构型”, 并与脱位风险相关。

## 3. 病理交互

### 3.1. 脊柱病变影响髋: 姿势代偿与功能性覆盖改变

脊柱与骨盆的矢状位对线异常会通过 PT/SS 的改变重塑髋臼(或 THA 杯体)的功能性朝向。成人退变性脊柱病变常呈现“矢状位失衡→骨盆后倾( $PT \uparrow$ ,  $SS \downarrow$ )→髋关节代偿屈曲/活动范围受限”的级联过程[12]-[14]。当腰椎退变或既往融合进一步降低站立-坐位转换时的骨盆旋转幅度(常以站坐  $\Delta SS \leq 10^\circ$  作为“僵硬/低活动度”的操作性阈值) [9] [11], 同一“解剖杯位”在不同体位下可能落入完全不同的功能性安全边界, 从而出现撞击、边缘负荷及不稳/脱位风险增高[4] [9] [15]。

### 3.2. 脊柱-骨盆僵硬与 THA 不稳定: 机制与高危人群

从站立到坐位时, 正常骨盆后倾可增加髋臼/杯体功能性前倾, 以容纳屈髋并降低前方撞击与后脱位风险[6] [7] [9] [16]。若骨盆后倾不足(stuck standing/僵硬型), 坐位屈髋时更易发生前方撞击, 髋端稳定边界向“后脱位”方向收缩; 相反, 若骨盆长期处于后倾位(stuck sitting)或合并平背失衡, 站立伸髋时可能出现前方不稳甚至前脱位[11] [15]。临床上应将以下情况视为高危提示: 既往腰椎/腰骶融合(尤其融合至 S1/骨盆)、重度退变性平背(PI-LL 失配明显、PT 代偿增高)、强直性脊柱炎或严重脊柱僵硬等[9] [10] [15] [17]。对高危患者, 建议将“功能性杯位”而非单纯静态角度作为规划终点, 必要时更积极采用双动头、约束内衬、增大股骨头直径及软组织张力优化等稳定性增强策略[4] [9] [18]。

### 3.3. THA 对脊柱 - 骨盆参数的反向影响：疼痛解除后的姿势再组织

髋关节骨关节炎、屈曲挛缩与疼痛回避可导致骨盆前倾、腰椎前凸改变及步态代偿,使“腰痛/髋痛”症状交叠并干扰病因判断[3] [4]。THA 解除疼痛与恢复髋伸展后,骨盆姿势及脊柱对线可能发生二次调整,从而改变术后早期的功能性杯位边界;也有研究提示,从术前仰卧到术后站立的 PT 可能出现幅度不一的变化,且在部分人群中可达到“临床上足以影响稳定性判断”的量级[19]。因此,术前评估应尽量在患者可耐受的“功能体位”下完成,并在术后康复与随访中关注姿势重置对活动范围、撞击与不稳风险的影响[4] [9]。

## 4. 影像评估

### 4.1. 基础片：站立位 AP 骨盆片的质控要点

LCEA 与 Tönnis 角等指标对骨盆旋转、倾斜、髋外展/内旋及投照条件敏感[20] [21],其中 Tönnis 角往往更容易混入“功能性成分”[22]。因此建议在临床与研究中明确拍片体位、进行旋转质控(例如闭孔对称、骶骨中线与耻骨联合关系等),并在报告中尽量记录影响髋臼投影的关键姿势因素,避免将投影变化直接等同于骨性形态改变。

### 4.2. 站立/坐位侧位片用于量化活动度与风险分层

越来越多综述与研究建议将站立与坐位侧位片纳入 THA 围手术期评估,用于量化  $\Delta SS/\Delta PT$ (或  $\Delta PI$  变化)并识别“stuck standing/stuck sitting”等功能亚型,从而为杯体定位、稳定性增强策略提供依据[7] [9] [10]。推荐的最小影像序列包括:(1) 站立位侧位脊柱 - 骨盆 - 髋片(可覆盖 L1 至股骨近端);(2) 标准坐位(约 90°屈髋屈膝)侧位片;必要时可加做深坐位/前倾坐位以捕捉极限活动度。在同一参照系下测量 PI、PT、SS、腰椎前凸(LL)以及站坐  $\Delta SS/\Delta PT$ ,可同时回答两类关键问题:其一,是否存在明显矢状位失衡(如 PI-LL 失配 $>10^\circ$ 、PT 代偿增高)[12] [23];其二,骨盆在体位转换中的“边界宽度”是否收缩(如  $\Delta SS \leq 10^\circ$ 提示僵硬)[9] [11]。

### 4.3. 2D 到 3D: EOS/低剂量三维的价值与边界

二维平片难以充分处理髋臼前方覆盖、股骨版本、骨盆轴向扭转等三维问题。EOS 双平面低剂量成像可在负重位获取正交影像并支持三维重建,已被用于脊柱畸形与髋 - 骨盆参数的综合评估,并因低剂量与全身对线优势在脊柱领域逐渐普及[24] [25]。对脊柱僵硬或既往融合患者,结合 EOS/三维重建、CT 版本分析与计算机辅助(导航/机器人)可在术前 - 术中保持参照系一致性,减少“影像测得角度”与“真实功能角度”之间的落差,并为个体化杯位与稳定性增强方案提供更可靠的几何基础[4] [9]。

## 5. 分型系统与核心指标

### 5.1. 从 Stefl 到 Vigdorichik: 用活动度与平衡定义风险

Steffl 等提出的分型强调不同模式的骨盆倾斜与活动度异常,用于解释撞击/不稳风险与杯体定位策略[11]: 1) 站立固着(Stuck Standing): 坐位  $SS > 30^\circ$ , 骨盆无法后倾, 风险为后脱位; 需增加杯位前倾角。2) 坐位固着(Stuck Sitting): 站立  $SS < 30^\circ$ , 骨盆持续后倾, 风险为前脱位(站立伸髋时); 推荐避免过度增加前倾, 使用双动头以兼顾稳定性。

随后, Phan 等以矢状位平衡状态与脊柱 - 骨盆柔韧性作为两条主轴, 前者常用 PI-LL 失配与站立位 PT 作为量化指标(例如  $PI-LL < 10^\circ$  且 PT 较低提示“平衡”,  $PI-LL > 10^\circ$  且 PT 升高提示“失衡/代偿”),

后者则依据站立 - 坐位转换时骨盆/骶骨姿势变化(如  $\Delta SS$ 、或骨盆后倾幅度)区分“柔韧”与“僵硬”。在此基础上形成四类人群: 柔韧 + 平衡、僵硬 + 平衡、柔韧 + 失衡、僵硬 + 失衡[23]。

而 Vigdorichik 等提出的 Hip-Spine Classification [15]进一步简化并推动了临床验证与推广: 其核心仍是脊柱畸形(如平背[flatback], 以  $PI-LL > 10^\circ$  界定)与脊柱僵硬(以站坐  $\Delta SS < 10^\circ$  界定)两要素, 不同亚型的生物力学失效模式决定了截然不同的手术策略(表 1): 组合为 1A (正常对线 + 正常活动度)、1B (正常对线 + 僵硬)、2A (平背 + 正常活动度)、2B (平背 + 僵硬), 并将每一类对应到更明确的术中杯位目标与稳定性策略。这进一步推动了分型在多中心 THA 人群中的验证与应用。

**Table 1.** Vigdorichik Hip-Spine classification and THA implications

**表 1.** Vigdorichik 髌 - 脊柱分型及其对 THA 的临床意义

分型	别称	生物力学状态	主要风险	手术策略核心	推荐参数(前倾/外展)
1A	标准型	站坐活动自如	低	标准置杯	$20^\circ \sim 25^\circ / 40^\circ$
1B	站立固着	坐下时骨盆不后倾, 前方撞击	后脱位	增加前倾	$25^\circ \sim 30^\circ / 40^\circ \sim 45^\circ$
2A	平背柔韧型	站立时骨盆已后倾	前脱位	避免过度前倾	$20^\circ \sim 25^\circ / 40^\circ$
2B	坐位固着	骨盆始终后倾, 安全窗极窄	前 + 后脱位	必须用双动头	$20^\circ \sim 25^\circ / 40^\circ \sim 45^\circ +$ 双动头

## 5.2. “Lewinnek 安全区”的局限与反思: 为何需要功能性安全区

Lewinnek 等 1978 年提出杯体倾斜与前倾的经典“安全区”, 长期被作为 THA 杯位指导[26]。然而, Abdel 等人对 Mayo Clinic 数据库中 9784 例 THA 的分析显示, 58% 的脱位病例其髌臼杯位置实际上完全处于 Lewinnek 安全区内[27]。这表明, 对于脊柱 - 骨盆运动异常的患者, 静态的“安全”往往意味着动态的“危险”。Tezuka 等人的研究进一步指出, 即使杯位在解剖安全区内, 仍有 14.2% 的患者因功能性运动异常(如站坐位  $\Delta SS$  变化过大或过小)而落入功能性危险区[18]。这推动学界提出“安全区之死”与更强调个体化功能边界的观点[27][28]。在 SPHC 视角下, 其原因并不神秘: 安全区是静态概念, 而髌关节稳定是动态结果; 当骨盆活动度与脊柱柔韧性异常时, 同一杯位会在不同体位呈现不同功能性朝向, 静态安全区自然失效。

## 5.3. CSI 等综合指标: 把“髌端运动学”纳入统一框架

为更直接地连接“脊柱 - 骨盆状态”与“髌端稳定边界”, Grammatopoulos 等学者提出综合矢状位指数(combined sagittal index, CSI)等指标, 公式为  $CSI = PFA + AI$ 。研究表明, 将站立位 CSI 控制在  $205^\circ$  至  $245^\circ$  之间可显著降低脱位率。CSI  $< 205^\circ$  预示后方不稳, 而 CSI  $> 245^\circ$  则警示前方不稳。这一指标成功将股骨侧因素(PFA)与髌臼侧因素(AI)整合为单一的评估维度[29]。这类指标的共同价值在于: 它们强调“杯体角度不是终点, 终点是髌端的功能性运动学窗口”, 同时也标志着 SPHC 评估从定性的“经验判断”转向了定量的“数学计算”。

## 6. 手术策略的演变

### 6.1. THA: 从静态杯位到“按分型设定目标杯位 + 稳定性增强”

当前较为一致的趋势是: 1) 术前以站立/坐位侧位评估活动度与平衡状态; 2) 将患者归入柔韧/僵硬、平衡/失衡等风险象限或 1A-2B 亚型, 明确不稳倾向(前方/后方)与高危体位; 3) 据此设定目标杯位范围,

而非追求单一角度：例如对“僵硬型/站立固着”可适度增加前倾以减少坐位前方撞击与后脱位风险，对“平背 + 后倾型”则避免过度前倾并更关注前方不稳[7][15]；4) 对 2B 等高危患者更积极考虑双动头或约束内衬，并结合增大股骨头直径、优化软组织张力及修正股骨版本/偏心距等措施扩大稳定窗口[9][15][18]。在参照系易漂移或需要严格复现目标杯位时，可结合导航/机器人以提高功能性规划的术中落地率[4][9]。

## 6.2. 脊柱矫形/融合：在恢复对线的同时关注髋端效应

在成人脊柱融合领域，研究提示融合可降低骨盆活动度并改变髋臼功能性朝向，进而影响髋端稳定边界；这也是“融合史”成为 THA 不稳风险要素的重要原因之一[11][30]。对需要同时处理脊柱与髋关节的患者，关键在于判断“骨盆姿态是否将在另一台手术后发生显著迁移”：若存在重度矢状位失衡并计划通过矫形/融合显著纠正 PT(例如平背失衡矫正后 PT 下降、骨盆由后倾转向更中性)，则应警惕既有杯位在矫形后落入新的功能性危险区。因此，建议在跨学科讨论中基于站立/坐位影像完成分型，并围绕“功能性安全区”确定手术顺序与杯位策略：(1) 矢状位失衡明显且预期对骨盆姿态有大幅纠正者，优先评估脊柱先行的可行性；(2) 以髋屈曲挛缩/疼痛主导的姿势异常者，可考虑 THA 先行以释放髋伸展并再评估脊柱对线；(3) 无论顺序如何，高危构型(僵硬、融合至 S1/骨盆等)均应提高稳定性策略阈值(如双动头)并尽量采用可复现的参照系管理(导航/机器人)[4][7][15]。

## 6.3. 跨学科联合决策：先分型、再排序

过去“先髋后脊/先脊后髋”的争论，本质上是缺乏统一的风险分层语言。SPHC 框架提供了更可执行的路径：1) 先判断是否存在显著矢状位失衡(如 PI-LL 失配、PT 代偿明显等)；2) 再量化活动度( $\Delta SS/\Delta PT$  或 APPt 变化)判断边界宽度；3) 最后把风险投射到髋端(撞击/不稳方向与发生体位)，据此制定手术顺序与策略。近期综述明确推荐以“对线 + 活动度”构建算法，作为 THA 与脊柱手术协同管理的共同语言[7][31][32]。

## 7. 展望与总结

正如近期综述所强调的，SPHC 研究与临床实践正在从“测角度”走向“测运动学、测结局”，其核心趋势是以患者特异性的动态评估与模拟来缩小影像学规划与真实功能之间的差距[30][32]。SPHC 研究正在从“测角度”走向“测运动学、测结局”。未来值得重点推进的方向包括：1) 多体位与真实活动场景：站立/坐位只是入门，步态、下蹲、上下楼等功能动作才是撞击与不稳的真实发生环境；2) 三维与个体化建模：将骨盆扭转、股骨版本、髋臼前方覆盖纳入三维框架，减少二维投影偏差；3) 结局导向的风险模型：把影像参数与疼痛、PROMs、步态、退变进展与再手术率等终点链接，形成可验证的预测模型；4) 数字孪生：利用 AI 将静态 CT 转化为动态的生物力学模型，在虚拟空间中测试植入物在极限体位下的撞击风险。

## 8. 结论

SPHC 并非抽象概念，而是一套能够贯通“对线 - 活动度 - 髋端稳定边界”的临床决策语言：PI 等形态参数限定姿势空间，PT/SS 等姿势参数描述当前状态，站立/坐位活动度决定功能边界宽度，而髋臼/杯体功能性朝向是风险最终落点。对 THA 人群，SPHC 推动置杯策略从静态“安全区”走向功能性、患者特异性的“安全边界”：通过标准化站立与坐位影像完成风险分层与分型，并结合杯位调整、稳定性增强植入物与计算机辅助技术，才能在脊柱 - 骨盆活动度异常的患者中更可靠地降低撞击与脱位风险。

## 参考文献

- [1] Dubousset, J. (1994) Three-Dimensional Analysis of the Scoliotic Deformity. In: *The Pediatric Spine: Principles and Practice*, Raven Press Ltd., New York, 479-496.
- [2] Hasegawa, K. and Dubousset, J.F. (2022) Cone of Economy with the Chain of Balance-Historical Perspective and Proof of Concept. *Spine Surgery and Related Research*, **6**, 337-349. <https://doi.org/10.22603/ssrr.2022-0038>
- [3] Offierski, C.M. and Macnab, I. (1983) Hip-Spine Syndrome. *Spine*, **8**, 316-321. <https://doi.org/10.1097/00007632-198304000-00014>
- [4] Zagra, L., Benazzo, F., Dallari, D., Falez, F., Solarino, G., D'Apolito, R., et al. (2022) Current Concepts in Hip-Spine Relationships: Making Them Practical for Total Hip Arthroplasty. *EFORT Open Reviews*, **7**, 59-69. <https://doi.org/10.1530/eor-21-0082>
- [5] Le Huec, J.C., Aunoble, S., Philippe, L. and Nicolas, P. (2011) Pelvic Parameters: Origin and Significance. *European Spine Journal*, **20**, 564-571. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1940-1>
- [6] Attenello, J.D. and Harpritsre, J.K. (2019) Implications of Spinopelvic Mobility on Total Hip Arthroplasty: Review of Current Literature. *Hawai'i Journal of Health & Social Welfare*, **78**, 31-40.
- [7] Batra, S., Khare, T., Kabra, A.P. and Malhotra, R. (2022) Hip-Spine Relationship in Total Hip Arthroplasty—Simplifying the Concepts. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **29**, Article 101877. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2022.101877>
- [8] Yang, G., Li, Y. and Zhang, H. (2019) The Influence of Pelvic Tilt on the Anteversion Angle of the Acetabular Prosthesis. *Orthopaedic Surgery*, **11**, 762-769. <https://doi.org/10.1111/os.12543>
- [9] Grammatopoulos, G., Innmann, M., Phan, P., Bodner, R. and Meermans, G. (2023) Spinopelvic Challenges in Primary Total Hip Arthroplasty. *EFORT Open Reviews*, **8**, 298-312. <https://doi.org/10.1530/eor-23-0049>
- [10] Haffer, H., Adl Amini, D., Perka, C. and Pumberger, M. (2020) The Impact of Spinopelvic Mobility on Arthroplasty: Implications for Hip and Spine Surgeons. *Journal of Clinical Medicine*, **9**, Article 2569. <https://doi.org/10.3390/jcm9082569>
- [11] Stefl, M., Lundergan, W., Heckmann, N., McKnight, B., Ike, H., Murgai, R., et al. (2017) Spinopelvic Mobility and Acetabular Component Position for Total Hip Arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*, **99**, 37-45. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.99b1.bjj-2016-0415.r1>
- [12] Le Huec, J.C., Charosky, S., Barrey, C., Rigal, J. and Aunoble, S. (2011) Sagittal Imbalance Cascade for Simple Degenerative Spine and Consequences: Algorithm of Decision for Appropriate Treatment. *European Spine Journal*, **20**, 699-703. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1938-8>
- [13] Cheung, J.P.Y. (2020) The Importance of Sagittal Balance in Adult Scoliosis Surgery. *Annals of Translational Medicine*, **8**, Article 35. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.10.19>
- [14] DeVries, Z., Speirs, A.D., Salih, S., Beaulé, P.E., Witt, J. and Grammatopoulos, G. (2021) Acetabular Morphology and Spinopelvic Characteristics: What Predominantly Determines Functional Acetabular Version? *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, **9**, Article 232596712111030495. <https://doi.org/10.1177/232596712111030495>
- [15] 2021 Otto Aufranc Award: A simple Hip-Spine Classification for Total Hip Arthroplasty: Validation and a Large Multicentre Series. *The Bone & Joint Journal*, **103**, 17-24.
- [16] Lum, Z.C., Coury, J.G., Cohen, J.L. and Dorr, L.D. (2018) The Current Knowledge on Spinopelvic Mobility. *The Journal of Arthroplasty*, **33**, 291-296. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.08.013>
- [17] Buckland, A.J., Puvanesarajah, V., Vigdorichik, J., Schwarzkopf, R., Jain, A., Klineberg, E.O., et al. (2017) Dislocation of a Primary Total Hip Arthroplasty Is More Common in Patients with a Lumbar Spinal Fusion. *The Bone & Joint Journal*, **99**, 585-591. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.99b5.bjj-2016-0657.r1>
- [18] Tezuka, T., Heckmann, N.D., Bodner, R.J. and Dorr, L.D. (2019) Functional Safe Zone Is Superior to the Lewinnek Safe Zone for Total Hip Arthroplasty: Why the Lewinnek Safe Zone Is Not Always Predictive of Stability. *The Journal of Arthroplasty*, **34**, 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.10.034>
- [19] Heckmann, N.D., Plaskos, C., Wakelin, E.A., Pierrepont, J.W., Baré, J.V. and Shimmin, A.J. (2024) Excessive Posterior Pelvic Tilt from Preoperative Supine to Postoperative Standing after Total Hip Arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*, **106**, 74-80. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.106b3.bjj-2023-0835.r2>
- [20] Henebry, A. and Gaskill, T. (2013) The Effect of Pelvic Tilt on Radiographic Markers of Acetabular Coverage. *The American Journal of Sports Medicine*, **41**, 2599-2603. <https://doi.org/10.1177/0363546513500632>
- [21] Tannast, M., Fritsch, S., Zheng, G., Siebenrock, K.A. and Steppacher, S.D. (2015) Which Radiographic Hip Parameters Do Not Have to Be Corrected for Pelvic Rotation and Tilt? *Clinical Orthopaedics & Related Research*, **473**, 1255-1266. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3936-8>

- [22] Clohisy, J.C., Carlisle, J.C., Beaulé, P.E., Kim, Y., Trousdale, R.T., Sierra, R.J., *et al.* (2008) A Systematic Approach to the Plain Radiographic Evaluation of the Young Adult Hip. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **90**, 47-66. <https://doi.org/10.2106/jbjs.h.00756>
- [23] Phan, D., Bederman, S.S. and Schwarzkopf, R. (2015) The Influence of Sagittal Spinal Deformity on Anteversion of the Acetabular Component in Total Hip Arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*, **97**, 1017-1023. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.97b8.35700>
- [24] Garg, B., Mehta, N., Bansal, T. and Malhotra, R. (2020) EOS® Imaging: Concept and Current Applications in Spinal Disorders. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **11**, 786-793. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.06.012>
- [25] Lazennec, J.Y., Rousseau, M.A., Rangel, A., Gorin, M., Belicourt, C., Brusson, A., *et al.* (2011) Pelvis and Total Hip Arthroplasty Acetabular Component Orientations in Sitting and Standing Positions: Measurements Reproducibility with EOS Imaging System versus Conventional Radiographies. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **97**, 373-380. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2011.02.006>
- [26] Lewinnek, G.E., Lewis, J.L., Tarr, R., Compere, C.L. and Zimmerman, J.R. (1978) Dislocations after Total Hip-Replacement Arthroplasties. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **60**, 217-220. <https://doi.org/10.2106/00004623-197860020-00014>
- [27] Abdel, M.P., von Roth, P., Jennings, M.T., Hanssen, A.D. and Pagnano, M.W. (2016) What Safe Zone? The Vast Majority of Dislocated THAs Are within the Lewinnek Safe Zone for Acetabular Component Position. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, **474**, 386-391. <https://doi.org/10.1007/s11999-015-4432-5>
- [28] Dorr, L.D. and Callaghan, J.J. (2019) Death of the Lewinnek “Safe Zone”. *The Journal of Arthroplasty*, **34**, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.10.035>
- [29] Grammatopoulos, G., Falsetto, A., Sanders, E., Weishorn, J., Gill, H.S., Beaulé, P.E., *et al.* (2021) Integrating the Combined Sagittal Index Reduces the Risk of Dislocation Following Total Hip Replacement. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **104**, 397-411. <https://doi.org/10.2106/jbjs.21.00432>
- [30] Hamada, H., Uemura, K. and Sugano, N. (2026) Hip-Spine Relationship in Total Hip Arthroplasty: Concepts, Clinical Relevance, and Future Perspectives. *Journal of Joint Surgery and Research*, **4**, 44-48. <https://doi.org/10.1016/j.jjoisr.2025.11.005>
- [31] Di Martino, A., Geraci, G., Brunello, M., D’Agostino, C., Davico, G., Curreli, C., *et al.* (2024) Hip-Spine Relationship: Clinical Evidence and Biomechanical Issues. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **144**, 1821-1833. <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05227-3>
- [32] Pagan, C.A., Karasavvidis, T., Vigdorichik, J.M. and DeCook, C.A. (2024) Spinopelvic Motion: A Simplified Approach to a Complex Subject. *Hip & Pelvis*, **36**, 77-86. <https://doi.org/10.5371/hp.2024.36.2.77>