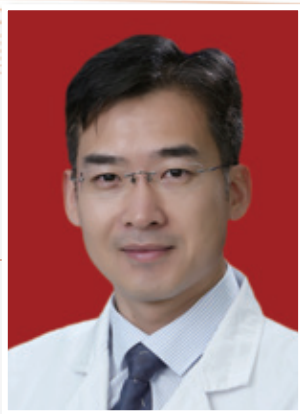


上海交通大学医学院



学者介绍

Author introduction

**贾伟涛** 博士

副主任医师、硕士生导师

ORCID ID: 0000-0001-9363-5598

JIA Wei-tao

M.D, Ph.D

Associate Professor, Master's Supervisor

ORCID ID: 0000-0001-9363-5598

贾伟涛 (1977—), 上海交通大学附属第六人民医院骨科副主任医师、硕士生导师。2010 年获上海交通大学医学博士学位, 2014—2015 年赴美国哈佛大学医学院布里格姆妇女医院 (BWH) 从事博士后工作。现任国际矫形与创伤外科学会 (SICOT) 中国部创伤学会委员、中国医师协会显微外科医师分会开放骨折委员会委员、中国康复医学会修复重建专业委员会青年委员、上海市医学会骨科分会青年委员会委员。并担任《中华肩肘外科电子杂志》通信编委和《中国组织工程研究》杂志特约审稿专家。

• 致力于骨创伤、骨坏死和骨感染的临床诊疗和 3D 打印技术创新工作。先后主持国家自然科学基金项目 2 项, 并作为主要成员参与国家自然科学基金 5 项。以第一作者或通信作者在国际骨科和生物材料著名杂志 *The Bone & Joint Journal*、*Journal of Orthopaedic Research*、*Biomaterials*、*Advanced Healthcare Materials* 等发表 SCI 收录论文 10 余篇, 参编论著 3 部。先后获得上海市卫生系统第十六届银蛇奖三等奖及上海交通大学医学院优秀青年教师称号, 入选上海杰出青年医学人才培养资助计划、上海市教育委员会高峰高原学科建设计划、上海交通大学晨星青年学者奖励计划等人才计划。科技成果先后获得中华医学科技奖一等奖、教育部科技进步奖二等奖、上海市科技进步奖一等奖和上海市医学科技奖二等奖。

JIA Wei-tao

born in 1977, associate professor and master's supervisor in Department of Orthopedic Surgery, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University. He got his M.D from Shanghai Jiao Tong University in 2010, and has been working as a postdoctoral fellow at Brigham and Women's Hospital of Harvard University from 2014 to 2015. Currently, he is a committee member of Trauma Academy of SICOT Chinese Department, open fracture committee member of Microsurgery Branch of Chinese Medical Doctor Association, youth member of Chinese Association of Rehabilitation Medicine Repair and Reconstruction Specialized Committee, and a member of Orthopedics Branch of Shanghai Medical Association Youth Committee. He also serves as a communication editor of *Chinese Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, and a special peer reviewer of *Chinese Tissue Engineering Research*.

• Dr. JIA has dedicated himself to the diagnosis and treatment of orthopedics trauma, osteonecrosis, bone infection and innovation of 3D bioprinting technology. He has undertaken 2 projects of the National Natural Science Foundation of China and participated in 5 other fund projects as a main member. He has published more than 10 articles in SCI indexed authority journals of orthopedics and biological materials, such as *The Bone & Joint Journal*, *Journal of Orthopedics Research*, *Biomaterials*, and *Advanced Healthcare Materials*, and participated in editing 3 works. He has won third prize of "Shanghai City Health System Sixteenth Silver Snake Prize", and the title of "Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Excellent Youth Teachers", and has been selected into Shanghai Outstanding Young Medical Personnel Training Program, Shanghai Municipal Education Commission—Gaofeng Clinical Medicine Grant Support, and Shanghai Jiao Tong University Morning Star Youth Scholar Reward Program. He has won first prize of the "Chinese Medical Science and Technology Award", second prize of the "Science and Technology Progress Award of the Ministry of Education", first prize of the "Shanghai Science and Technology Progress Award" and second prize of the "Shanghai Medical Science and Technology Award".



论著·临床研究

Pauwels 三型股骨颈骨折不同内固定方式的 meta 分析

王 青, 姜达君, 贾伟涛

上海交通大学附属第六人民医院骨科, 上海 200233

[摘要] **目的**·系统评价空心钉 (cannulated screw, CS) 与滑动髋螺钉 (sliding hip screw, SHS) 固定 Pauwels 三型股骨颈骨折的疗效和功能恢复情况。**方法**·计算机检索三大英文数据库 PubMed、Embase、Cochrane, 及中文数据库 CNKI、Sinomed, 使用 Revman 5.26 软件对纳入文献进行 meta 分析。**结果**·最终选出 6 篇临床研究, 共包含病例 350 例, 其中 CS 固定组 213 例, SHS 固定组 137 例。通过分析得出, SHS 固定术后骨不连率显著低于 CS 固定, 但是 CS 固定手术时间更短。**结论**·对于 Pauwels 三型股骨颈骨折, SHS 可以显著减少术后骨不连的发生, 但是手术过程相对复杂, 并存在术中出血量大、术后功能评分低的趋势。

[关键词] 股骨颈骨折; Pauwels 三型; 空心钉; 滑动髋螺钉; meta 分析

[DOI] 10.3969/j.issn.1674-8115.2018.09.008 **[中图分类号]** R687.3 **[文献标志码]** A

A meta-analysis of different internal fixation strategies of Pauwels III femoral neck fractures

WANG Qing, JIANG Da-jun, JIA Wei-tao

Department of Orthopedic Surgery, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233, China

[Abstract] **Objective**·To compare the clinical and functional outcomes of cannulated screw (CS) with sliding hip screw (SHS) in the fixation of Pauwels III femoral neck fractures systematically. **Methods**·In the meta-analysis, articles were searched from Pubmed database, Embase database, Cochrane library, CNKI database, and Sinomed database. The selected articles were analyzed by Revman 5.26 software. **Results**·Six clinical studies met the inclusion criteria. A total of 350 patients including 213 with CS fixations and 137 with SHS fixations were pooled in the meta-analysis. The results showed that the non-union rate in SHS group was significantly lower than that in CS group. However, the surgery time was significantly shorter in CS group. **Conclusion**·SHS fixation has the advantage of reducing postoperative non-union rate in Pauwels III femoral neck fractures, but the operative process is relatively complicated, which seemingly causes more blood loss during surgery, and may lead to a less satisfactory functional recovery.

[Key words] femoral neck fracture; Pauwels III; cannulated screws; sliding hip screws; meta analysis

股骨颈骨折是人体常见的骨折类型, 临床上约占全身骨折的 3.58%^[1]。预计到 2020 年髋部骨折的医疗费用将达 600 亿美元, 而到 2040 年将达 2 400 亿美元^[2]。股骨近端的力学和生物学环境相对恶劣, 因此对骨折内固定装置的要求较为苛刻。首先, 股骨近端作为人体主要的承重结构, 其力学性质相当于一个悬臂梁, 同时受到作用于股骨头的重力、作用于大转子的外展肌拉力以及作用于小转子的内收肌拉力。此外, 股骨颈骨折多伴有不同程度的血运破坏, 尤其在移位型股骨颈骨折中^[3] (如 Garden III、IV 型) 供应股骨头的主要血管 (上支持带动脉) 几乎完全中断^[3], 存在较高的骨不连 (non-union, NU) 和股骨头缺血性坏死 (avascular necrosis, AVN) 等并发症风险。

2015 年一项系统评价^[4]统计了 41 项研究中 1 558 名股骨颈骨折患者, 其中 18% 患者需要再次手术, 14.3% 患者存在 AVN, 9.3% 存在 NU。

目前股骨颈骨折的治疗原则已达成共识^[5-6]。对于小于 55 岁的患者普遍采用保髋治疗, 通常采用 3 枚平行螺钉固定^[5-6]; 其优势在于手术创伤小, 对股骨头血供破坏少, 且可以滑动加压促进骨折愈合。然而, 目前临床上对于 Pauwels 三型股骨颈骨折的治疗方案仍存在争议。此类骨折多发生于青壮年, 多由高能量暴力引起, 因此内侧壁支撑结构和股骨近端的血供常常会遇到破坏。Liporace 等^[7]研究显示垂直型股骨颈骨折 NU 和 AVN 分别为 16% 和 11%, 较其他类型的股骨颈骨折略高。因此, 此类骨折内

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目 (81572105); 上海市教育委员会高峰高原学科建设计划 (20172026); 上海市人才发展基金 (2017035) (National Natural Science Foundation of China, 81572105; Shanghai Municipal Education Commission—Gaofeng Clinical Medicine Grant Support, 20172026; Shanghai Talents Development Fund, 2017035)。

[作者简介] 王 青 (1993—) 女, 硕士生; 电子信箱: shiyingjiangdajun1@163.com。

[通信作者] 贾伟涛, 电子信箱: wtjia1126@hotmail.com。

固定的选择仍是临床上的难点和争议的焦点。生物力学研究^[8-9]表明滑动髋螺钉 (sliding hip screw, SHS) 加用防旋螺钉比空心钉 (cannulated screw, CS) 能更好地对抗剪切应力, 提供更好的稳定性。但是关于不同固定方式的临床对比研究相对匮乏, 其中 48% 医生在治疗 Pauwels 三型股骨颈骨折时, 认为缺乏文献支持^[10]。为了给骨科医生在治疗此类难度较大的骨折类型时提供一些指导和依据, 本研究利用 meta 分析的方法比较 2 种固定方式在治疗 Pauwels 三型股骨颈骨折中的疗效和患者功能恢复情况。

1 资料与方法

1.1 检索策略

计算机检索三大英文数据库 PubMed、Embase、Cochrane 及中文数据库 CNKI、Sinomed。英文检索词为 “femoral neck fractures” “femoral neck fracture” “femur neck fractures” “femur neck fracture” “fractures, hip” “vertical” “shear” “Pauwels” “unstable” “screw” “screws” “DCS” “DHS” “SHS”; 中文检索词为 “股骨颈骨折” “髋部骨折” “Pauwels” “不稳定” “垂直” “空心钉” “螺钉”。此外, 对纳入的全文文献的参考文献进行二次检索。

1.2 纳入和排除标准

1.2.1 研究类型 2 组患者基线一致的所有临床对照研究, 排除非中英文文献, 排除生物力学实验、病例报告、专家经验、综述及重复发表文献, 排除研究设计无对照组的文献, 排除无法获得相关原始数据的文献。

1.2.2 研究对象 年龄大于 18 岁, 种族和性别不限, 通过体格检查和影像学诊断明确的 Pauwels 三型股骨颈骨折患者; 排除陈旧性骨折、多发性骨折、翻修手术、病理性骨折及合并其他系统疾病的骨折患者。

1.2.3 干预措施 CS 固定 (包括 3 枚钉、4 枚钉、F 固定等) vs SHS 固定 [包括动力髋螺钉 (dynamic hip screw, DHS)、滑动髌螺钉 (dynamic condylar screw, DCS)]。排

除联合应用其他技术如转子间截骨、骨移植等的患者, 排除使用股骨近端锁定钢板、Buttress 钢板、髓内钉、关节置换等作为单一对照的文献。

1.2.4 结局指标 对比 SHS 组与 CS 组固定方式的骨折 NU、AVN、手术时间、术中出血量以及 Harris 评分等指标。

1.3 文献筛选

由 2 名研究人员根据检索策略分别独立进行检索, 再通过纳入 / 排除标准进行筛选, 不同意见的文章由第三人参与并通过讨论确定。2 名研究者分别独立评价研究的证据等级并进行质量评价, 出现分歧时则由第三名研究者讨论确定或咨询专家意见。对非随机对照试验研究采用 MINORS 标准进行质量评价。

1.4 统计学方法

应用 Revman 5.26 软件进行统计分析, 对研究中的病例资料二次统计采用意向性治疗 (intention-to-treat, ITT) 原则, 即对失访患者按最后一次随访结果记录。对于二分类变量, 采用 MH (Mantel-Haenszel) 法, 对于连续变量, 采用 IV (inverse variance) 法; 效应模型选择随机效应或固定效应 (用于不存在明显异质性的数据) 模型, 效应指标采用相对危险度 (OR 值) 进行评估。 $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义, 置信区间为 95%。异质性检验采取统计学检验法 (即 Q 、 I^2 统计量), 其中 P 值小于 0.1 或 I^2 值大于 50% 认为存在不可接受的异质性。

2 结果

2.1 纳入文献基本特征

检索后纳入 6 篇文献进行分析, 均为观察性研究, 证据等级均为 B。其中 4 篇为中文文献, 2 篇为英文文献; CS、SHS 固定组患者分别合计为 200 例、134 例。具体检索过程见图 1, 纳入文献的基本情况详见表 1。

表 1 6 篇纳入文献基本特征
Tab 1 Characteristics of the six included studies

编号	文献	平均年龄 / 岁	平均随访时间 / 月	组别	样本量 / 例	证据等级	MINORS 评分
1	[7], 2008	42.0	24.0	SHS	16	B	21
				CS	37		
2	[11], 2016	47.7	21.6	SHS	14	B	20
				CS	46		
3	[12], 2016	39.9	—	SHS	60	B	20
				CS	60		

(续表 1)

编号	文献	平均年龄 / 岁	平均随访时间 / 月	组别	样本量 / 例	证据等级	MINORS 评分
4	[13], 2015	41.3	12.0 ~ 28.0	SHS	27	B	19
				CS	21		
5	[14], 2015	51.3	20.1	SHS	5	B	20
				CS	22		
6	[15], 2010	35.2	18.6	SHS	12	B	18

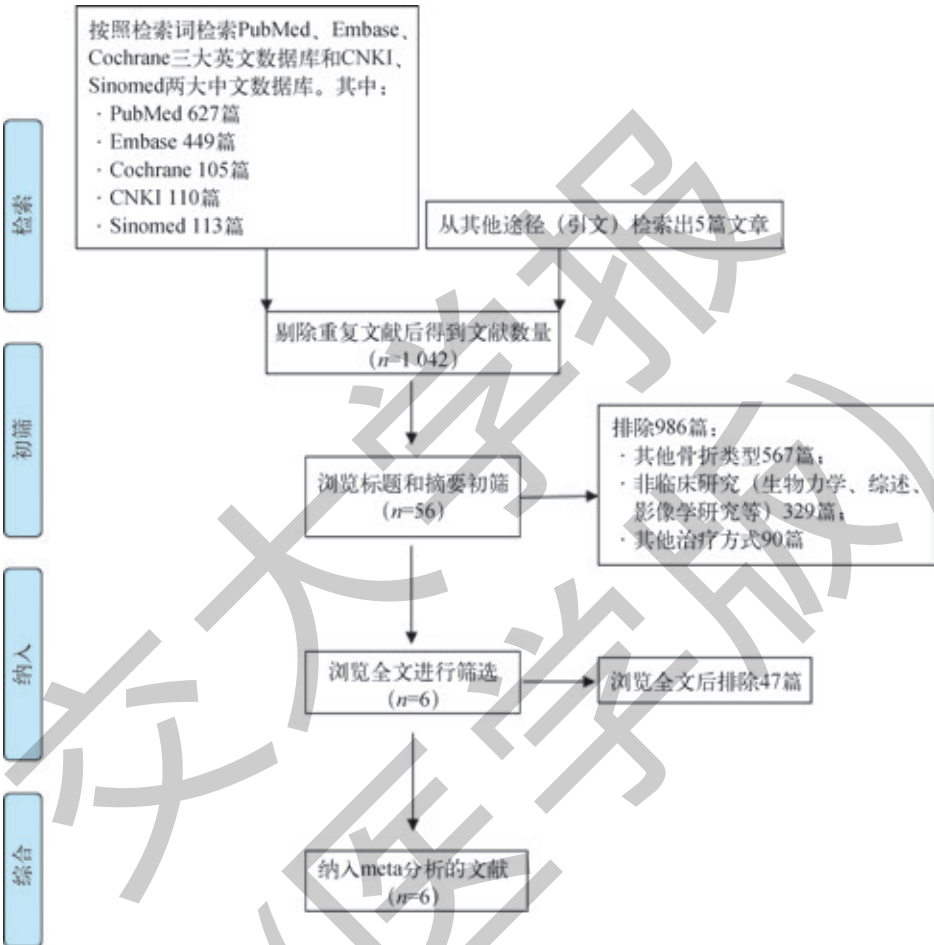


图 1 Pauwels 三型股骨颈骨折检索流程图
Fig 1 Flow diagram of the searching strategy for Pauwels III femoral neck fractures

2.2 效应指标分析

2.2.1 骨不连 本研究纳入 5 篇文献，共 230 名患者，NU 发生率为 10%。 I^2 值统计检验和 Q 值统计检验显示纳入文献无异质性 ($I^2=0$, $P>0.1$)，因此采用固定效应模型。考虑到国内外临床研究执行标准不同、文献质量不同，因此我们对中英文文献进行了亚组分析。Meta 分析总结果显示 Pauwels 三型股骨颈骨折采用 SHS 固定发生 NU 风险显著低于 CS 固定 ($P=0.03$, 95% CI 0.10 ~ 0.87)，与中文文献结果相同 ($P=0.04$)，然而英文文献并没有显示显著性差异 ($P=0.62$) (图 2、3)。

2.2.2 股骨头缺血性坏死 6 篇文章均报道了 2 种内固

定方式术后 AVN 的发生率，共 350 名患者，AVN 发生率约为 10.9%。其中纳入研究间存在轻度异质性 ($P<0.1$, $I^2=49\%>25\%$)，主要存在于英文文献间 ($I^2=71\%$)，遂采用随机效应模型。Meta 分析显示无论是总结果还是各亚组分析结果，Pauwels 三型股骨颈骨折采用 SHS 固定还是 CS 固定对 AVN 发生率没有显著影响 ($P=0.67$) (图 4)。

2.2.3 手术时间和术中出血量 手术时间和术中出血量均在 2 篇中文文献中有报道，但是均存在重度异质性 (手术时间： $I^2=96\%$ ；术中出血量： $I^2=99\%$)，遂均采用随机效应模型。Meta 分析结果显示采用 CS 固定手术时间明显缩短 ($P=0.03$, 95% CI 0.26 ~ 4.67)，而 2 种固定方式在术

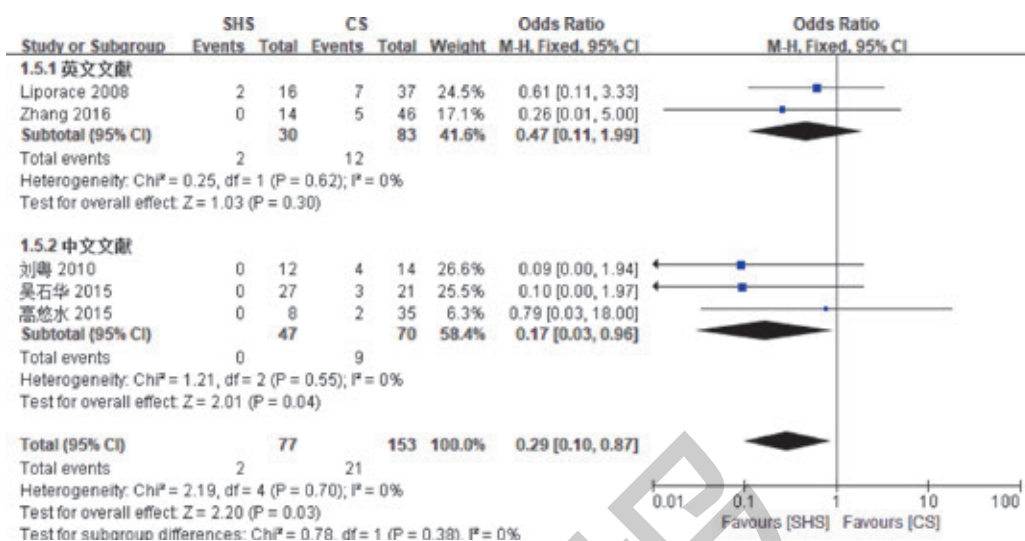


图2 SHS固定组与CS固定组骨不连发生率的meta分析森林图

Fig 2 Forest plot for meta-analysis of SHS versus CS group on non-union

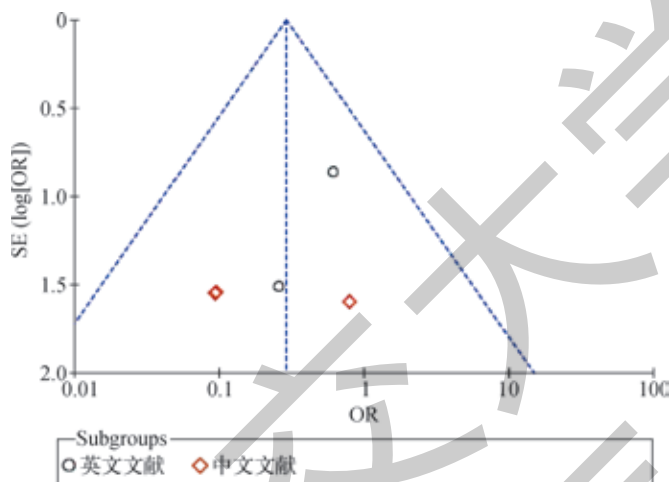


图3 SHS固定组与CS固定组骨不连发生率的meta分析漏斗图

Fig 3 Funnel plot for meta-analysis of SHS versus CS group on non-union

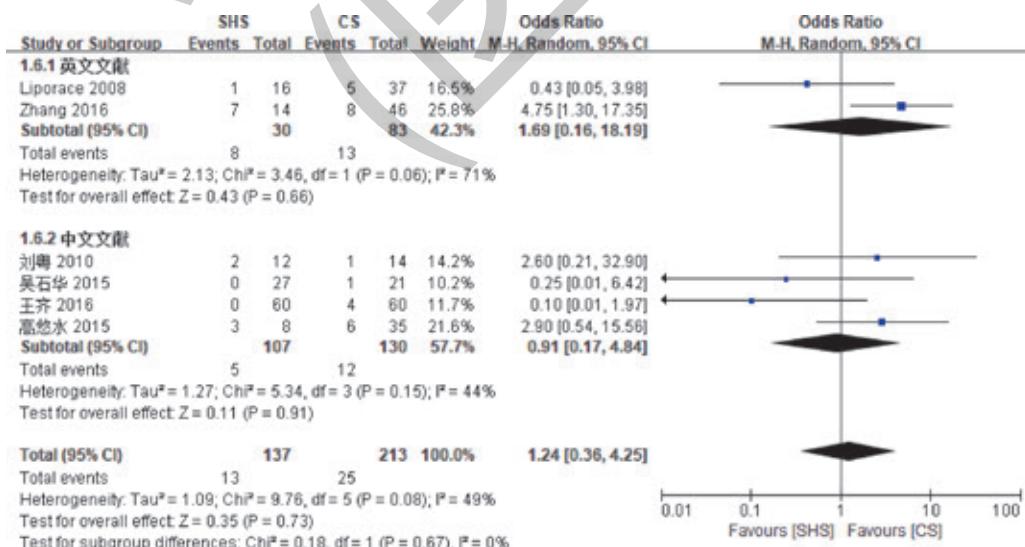


图4 SHS固定组与CS固定组股骨头缺血性坏死发生率的meta分析森林图

Fig 4 Forest plot for meta-analysis of SHS versus CS group on femoral head avascular necrosis

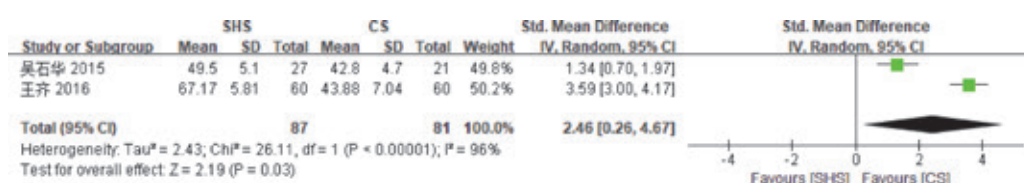


图5 SHS固定组与CS固定组手术时间的meta分析森林图

Fig 5 Forest plot for meta-analysis of DHS versus CS group on operation time

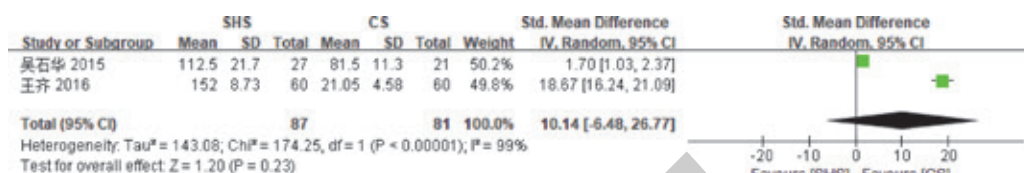


图6 SHS固定组与CS固定组术中出血量的meta分析森林图

Fig 6 Forest plot for meta-analysis of SHS versus CS group on intraoperative blood loss

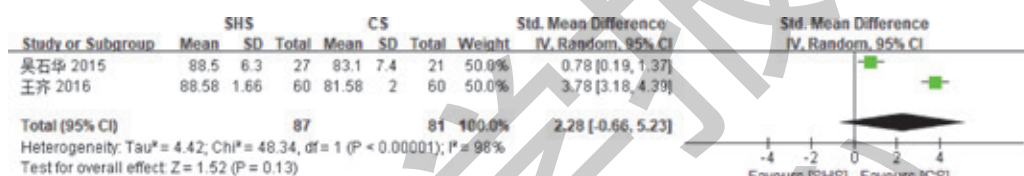


图7 SHS固定组与CS固定组术后Harris评分的meta分析森林图

Fig 7 Forest plot for meta-analysis of SHS versus CS group on Harris score

3 讨论

Pauwels 三型股骨颈骨折由于骨折线角度相对垂直,理论上受到更大的剪切应力,其固定失效、骨折再移位等风险更大。但是目前有关 Pauwels 角与术后并发症如复位失败、UN 的相关性仍存在争议^[16]。2015 年的系统评价^[4]研究指出年轻患者的股骨颈骨折不愈合率为 9.7%, AVN 发生率为 14.3%;而本研究显示的 Pauwels 三型股骨颈骨折不愈合率为 10%, AVN 发生率为 10.9%。相比于其他骨折类型并没有增高的趋势,一方面可能由于青年人骨质状况、血运状况相对较好,不愈合与股骨头缺血坏死风险均相对较低;另一方面是由于目前 Pauwels 三型股骨颈骨折发病率较低,缺乏大量病例的高质量临床研究。

UN 和 AVN 是股骨颈骨折主要的并发症,既往研究表明其发生率分别为 4% ~ 59% 和 10% ~ 86%^[17-19]。这些并发症一旦发生后果是灾难性的,往往需要关节置换、内固定加转子间外翻截骨、内固定加骨移植等方式翻修治疗。Upadhyay 等^[20]研究显示后侧壁粉碎性骨折、复位不佳、螺钉植入位置不佳是 UN 的主要危险因素。Haidukewych 等^[21]同样发现复位良好的患者 AVN 发生率为 24%, UN 发生率为 4%;而复位后分离移位大于 5 mm,成角移位大于 10° 的患者 UN 和 AVN 发生率高达 80%。然而,目前

Pauwels 三型股骨颈骨折术后 UN、AVN 发生率与内固定种类的相关性还不明确。

目前股骨颈骨折内固定治疗方式有 CS、SHS、股骨近端锁定钢板、短头髓内钉等,其中 CS 和 SHS 应用最广泛。一项针对 Pauwels 三型股骨颈骨折内固定的调查研究^[22]显示 47% 的学者选用 SHS, 15.1% 选用传统 3 枚平行 CS, 28% 加用 1 枚偏距螺钉固定;但是, 48% 的学者认为如何选择尚缺乏文献支持。3 枚平行放置的 CS 固定是临床上治疗股骨颈骨折最经典的手术方式,其优势在于可以通过闭合复位后经皮植入,对股骨头血供可以最大限度予以保留,并减少手术时间。本研究同样显示相比于 SHS, 采用 CS 固定手术时间明显缩短 ($P < 0.05$)。相比于 CS, SHS 可以更好地提供角度稳定性,因此普遍认为 SHS 抗骨折断端移位能力以及轴向刚度等力学性能优于 CS^[23-25]。然而,一些学者认为单纯的体外生物力学比较意义并不大:一方面无论多稳定的内植物,在骨折不愈合或延迟愈合情况下都是不稳定的;另一方面,目前没有研究证明采用生物力学强度高的内植物骨折愈合效果一定更好。因此对实际治疗方案的指导还是需要更多高质量的临床对比研究。本研究收集了既往垂直型股骨颈骨折 2 种固定方式比较的临床文献分析发现(图 2),采用 SHS 固定骨折不愈合风险显著低于 CS ($P < 0.05$),与体外生物力学实验结果相一致。其次,SHS 与 CS 何者对股骨头血供破

坏更严重一直存在争议。传统观念认为 SHS 由于需要通过 Watson-Jones 或单独外侧切口植入,软组织剥离过多,因此对股骨近端血运破坏更严重。而 2017 年 Zhao 等^[26] 研究显示股骨头髂动脉网主干均分布于外周,且这些血管有更大的口径更少的吻合,一旦遭到破坏对股骨头血供的影响很大,因此从该角度来看 SHS 对股骨头的血供破坏应该更小。然而,本研究结果显示(图 4) AVN 发生率在 2 种固定方式间并没有显著差别,可能由于采用 SHS 固定手术时间明显更长(图 5)且增加了术中出血量(图 6)。此外,Stockton 等^[27] 提出 DHS 固定存在更严重的股骨颈短缩的风险,而大于 5 mm 的股骨颈短缩会显著增大外展肌的力臂并增大股骨头的压力,从而导致步态异常和增大髋关节骨性关节炎的风险,显著降低 SF-36 功能评分。这解释了本研究中 SHS 患者存在 Harris 评分更低趋势(图 7)的原因。

近些年来,国内外学者对 SHS 技术与 CS 技术都进行了不同程度的改良。Kauffman 等^[28] 通过力学研究证实,在 3 枚钉基础上加用 1 枚平行螺钉可以显著增加后侧壁粉碎性骨折患者的固定效果。同样 Gümüştaş 等^[29] 研究显示,在传统 3 枚平行螺钉基础上增加 1 枚横行螺钉可以有效提高 Pauwels 三型骨折的稳定性。Filipov 等^[30] 研究发现,双平面双支撑的螺钉(F 固定)相比传统固定方式显著提高轴向刚度和稳定性,且其效果在不稳定的骨折类型中更显著。F 固定力学特点是有股骨距和股骨干皮质两处支撑,从而形成简支梁结构,增加固定效果;此外远端螺钉从小转子下方 5~7 cm 起始,不仅避免了螺钉尾端在大粗隆附近的集中,并且增加了外侧皮质支撑的力臂,减小了股骨干螺钉尾部的应力。Filipov 等^[31] 采用此种固定方式治疗 87 位股骨颈骨折患者,骨折愈合率为 98.86%。生物力学研究^[32] 显示,交锁固定形式(Pauwels 螺钉)比传统 3 枚平行螺钉增加 70% 的刚度,在垂直型骨折中可以提供更好

的稳定性。Guimarães 等^[33] 报道了 20 例采用交锁螺钉固定复杂的 Pauwels 三型股骨颈骨折患者(其中 5 人为粉碎性骨折),愈合率达 80%,UN 和 AVN 发生率均为 10%。Zhang 等^[34] 首次将全螺纹加压螺钉与普通加压螺钉联合使用,其中螺钉构型采用倒三角,2 枚全螺纹加压螺钉置于下方用以对抗剪切力,临床研究显示此种固定方式失效率、退钉、股骨颈短缩、内翻畸形均显著低于传统 3 枚钉固定患者。SHS 主要缺陷是软组织的过度剥离,Stoffel 等^[35] 通过减少 SHS 外侧钢板的长度开发出了新型滑动髓螺钉系统(femoral neck system, FNS)。此技术相比于 DHS 更微创,并且稳定性与 DHS 并无明显差别,并显著强于 CS。Kemker 等^[36] 采用 DHS 加用 2 枚防旋螺钉同样组成倒三角构型,生物力学研究显示此种固定方式失效载荷略高于 DHS 和 CS。尽管 CS、SHS 固定的改良方式有大量的生物力学研究,但是仍缺乏临床对比研究,因此并未纳入到本次 meta 分析研究中。

虽然本研究检索全面,文献纳入、排除标准严格,并同时严格按照 Cochrane 协作网推荐的检索策略进行文献检索,但仍存在以下不足:①纳入文献匮乏。尽管垂直型股骨颈骨折一直是研究的热点和争议的焦点,但是符合标准的临床研究只有 6 篇,准确地评价 SHS 和 CS 固定的优劣仍需要更多的高质量临床对比研究。②文献证据等级不高。本研究纳入的 6 篇临床研究,缺乏高质量的随机对照研究,然而 Pauwels 三型股骨颈骨折并不常见,因此随机对照研究的实施存在一定的难度。③存在一些混杂因素。尽管大多数研究都对基线信息进行了比较,但还有大量的变量缺乏阐述,如患者人口学特征、植入器材的规格等。

综上所述,对于 Pauwels 三型股骨颈骨折 SHS 可以显著减少术后 UN 的发生,但是手术过程相对复杂,并存在术中出血量大、术后功能评分低的趋势。

参 考 文 献

- [1] Robinson CM, Court-Brown CM, McQueen MM, et al. Hip fractures in adults younger than 50 years of age: epidemiology and results[J]. Clin Orthop Relat Res, 1995, 312(312): 238-246.
- [2] 张英泽. 成人髋部骨折指南解读[J]. 中华外科杂志, 2015, 53(1): 57-62.
- [3] Lazaro LE, Klinger CE, Sculco PK, et al. The terminal branches of the medial femoral circumflex artery: the arterial supply of the femoral head[J]. Bone Joint J, 2015, 97-B(9): 1204-1213.
- [4] Slobogean GP, Sprague SA, Scott T, et al. Complications following young femoral neck fractures[J]. Injury, 2015, 46(3): 484-491.
- [5] 张长青, 黄铁刚. 股骨颈骨折的治疗理念与新技术[J]. 中华创伤骨科杂志, 2016, 18(8): 645-646.
- [6] Canale ST. Campbell's operative orthopaedics, 13th ed. 4 volume-set[J]. J Natl Med Assoc, 1992, 41(4): 194.
- [7] Liporace F, Gaines R, Collinge C, et al. Results of internal fixation of pauwels type-3 vertical femoral neck fractures[J]. J Bone Joint Surg, 2008, 90(8): 1654-1659.
- [8] Baitner AC, Maurer SG, Hickey DG, et al. Vertical shear fractures of the femoral neck: a biomechanical study[J]. Clin Orthop Relat Res, 1999, 367: 300-305.
- [9] Deneka DA, Simonian PT, Stankewich CJ, et al. Biomechanical comparison of internal fixation techniques for the treatment of unstable basicervical femoral neck fractures[J]. J Orthop Trauma, 1997, 11(5): 337-343.
- [10] Luttrell K, Beltran M, Collinge C. Pre-operative decision-making in the treatment of high-angle "vertical" femoral neck fractures in young adult patients[J]. J Orthop Trauma, 2014, 17(3): 55-59.
- [11] Zhang YL, Chen S, Ai ZS, et al. Osteonecrosis of the femoral head, nonunion and potential risk factors in Pauwels grade-3 femoral neck fractures: a retrospective cohort study[J]. Medicine, 2016, 95(24): e3706.
- [12] 王齐, 韩国建, 张宇, 等. 两种手术方法治疗 Pauwels III 型股骨颈骨折的临床效果分析[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2016, 9(5): 414-417.
- [13] 吴石华, 王朝晖, 张静. Pauwels III 型股骨颈骨折空心螺钉与动力髋螺钉固定效果分析[J]. 东方食疗与保健, 2015, 1(1): 18-19.
- [14] 高悠水, 陈松, 周祖彬, 等. Pauwels 3 型股骨颈骨折的手术治疗 46 例分析[J]. 中国骨与关节杂志, 2015, 2: 96-100.

- [15] 刘粤, 郑士伟, 刘树义, 等. 三枚空心钉与动力髋螺钉结合空心钉治疗青壮年股骨颈骨折的比较研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2010, 9: 1149-1150.
- [16] Parker MJ, Dynan Y. Is Pauwels classification still valid?[J]. *Injury*, 1998, 29(7): 521-523.
- [17] Asnis SE, Wanek-Sgaglione L. Intracapsular fractures of the femoral neck: results of cannulated screw fixation[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1994, 76(12): 1793-1803.
- [18] Gautam VK, Anand S, Dhaon BK. Management of displaced femoral neck fractures in young adults (a group at risk)[J]. *Injury*, 1998, 29(3): 215-218.
- [19] Protzman RR, Burkhalter WE. Femoral-neck fractures in young adults[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1976, 58(5): 689-695.
- [20] Upadhyay A, Jain P, Mishra P, et al. Delayed internal fixation of fractures of the neck of the femur in young adults: a prospective, randomised study comparing closed and open reduction[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86(7): 1035-1040.
- [21] Haidukewych GJ, Rothwell WS, Jacofsky DJ, et al. Operative treatment of femoral neck fractures in patients between the ages of fifteen and fifty years[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2004, 86-A(8): 1711-1716.
- [22] Luttrell K, Beltran M, Collinge CA. Preoperative decision making in the treatment of high-angle "vertical" femoral neck fractures in young adult patients: an expert opinion survey of the Orthopaedic Trauma Association's (OTA) membership[J]. *J Orthop Trauma*, 2014, 28(9): e221-e225.
- [23] Rupprecht M, Grossterlinden L, Ruecker AH, et al. A comparative biomechanical analysis of fixation devices for unstable femoral neck fractures: the Intertan versus cannulated screws or a dynamic hip screw[J]. *J Trauma*, 2011, 71(3): 625-634.
- [24] Baitner AC, Maurer SG, Hickey DG, et al. Vertical shear fractures of the femoral neck: a biomechanical study[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1999, 367: 300-305.
- [25] Johnson JP, Borenstein TR, Waryasz GR, et al. Vertically oriented femoral neck fractures: a biomechanical comparison of three fixation constructs[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(7): 363.
- [26] Zhao D, Qiu X, Wang B, et al. Epiphyseal arterial network and inferior retinacular artery seem critical to femoral head perfusion in adults with femoral neck fractures[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2017, 475(8): 2011-2023.
- [27] Stockton DJ, Lefaivre KA, Deakin DE, et al. Incidence, magnitude, and predictors of shortening in young femoral neck fractures[J]. *J Orthop Trauma*, 2015, 29(9): e293-e298.
- [28] Kauffman JI, Simon JA, Kummer FJ, et al. Internal fixation of femoral neck fractures with posterior comminution: a biomechanical study[J]. *J Orthop Trauma*, 1999, 13(3): 155-159.
- [29] Gümüştaş SA, Tosun HB, Ağır İ, et al. Influence of number and orientation of screws on stability in the internal fixation of unstable femoral neck fractures[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2014, 48(6): 673-678.
- [30] Filipov O, Gueorguiev B. Unique stability of femoral neck fractures treated with the novel biplane double-supported screw fixation method: a biomechanical cadaver study[J]. *Injury*, 2015, 46(2): 218-226.
- [31] Filipov O. Biplane double-supported screw fixation (F-technique): a method of screw fixation at osteoporotic fractures of the femoral neck[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2011, 21(7): 539-543.
- [32] Hawks MA, Kim H, Strauss JE, et al. Does a trochanteric lag screw improve fixation of vertically oriented femoral neck fractures? A biomechanical analysis in cadaveric bone[J]. *Clin Biomech*, 2013, 28(8): 886-891.
- [33] Guimarães J, Rocha LR, Noronha TR, et al. Vertical femoral neck fractures in young adults: a closed fixation strategy using a transverse cancellous lag screw[J]. *Injury*, 2017, 48(Suppl 4): S10-S16.
- [34] Zhang B, Liu J, Zhu Y, et al. A new configuration of cannulated screw fixation in the treatment of vertical femoral neck fractures[J]. *Int Orthop*, 2018, 42(8): 1949-1955.
- [35] Stoffel K, Zderic I, Gras F, et al. Biomechanical evaluation of the femoral neck system in unstable Pauwels III femoral neck fractures: a comparison to the dynamic hip screw and cannulated screws[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(3): 131-137.
- [36] Kemker B, Magone K, Owen J, et al. A sliding hip screw augmented with 2 screws is biomechanically similar to an inverted triad of cannulated screws in repair of a Pauwels type-III fracture[J]. *Injury*, 2017, 48(8): 1743-1748.

[收稿日期] 2018-06-11

[本文编辑] 邵碧云