

# 高体力活动人群应力性骨折影响因素的 Meta 分析

李佳芮<sup>1</sup>, 吴磊<sup>1</sup>, 黄平伯<sup>1</sup>, 张秀琴<sup>2</sup>, 张永东<sup>1</sup>, 于明亮<sup>2</sup>, 李红涛<sup>2</sup>✉

**【摘要】** 目的 系统评价高体力活动人群应力性骨折的影响因素。方法 检索中国知网(CNKI)、万方、维普、中国生物医学文献数据库(CBM)、PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science 等数据库与高体力活动人群应力性骨折相关的文献,文献发表时间为2000-01-01至2024-12-31。由两名研究者独立进行文献筛选、资料提取及质量评价。结果 研究纳入23篇文献,累积样本量1 479 201例,Meta分析显示,应力性骨折的影响因素有:既往骨折史( $OR=1.66, 95\%CI:1.30\sim 2.11$ )、性别( $OR=1.25, 95\%CI:1.20\sim 1.31$ )、主观感受( $OR=1.75, 95\%CI:1.39\sim 2.20$ )、过低的BMI( $OR=1.80, 95\%CI:1.63\sim 2.00$ )、血清25羟维生素D(25-OH-D)过低( $OR=3.91, 95\%CI:2.64\sim 5.80$ )、训练成绩欠佳( $OR=2.21, 95\%CI:1.67\sim 2.92$ )、闭经( $OR=3.55, 95\%CI:2.06\sim 6.41$ )、既往锻炼习惯( $OR=0.54, 95\%CI:0.44\sim 0.67$ )。结论 既往骨折史、性别、主观感受、过低的BMI、25-OH-D、训练成绩、闭经、既往锻炼史均是高体力活动人群应力性骨折的独立影响因素。

**【关键词】** 应力性骨损伤;影响因素;Meta分析;高体力活动人群;锻炼习惯

**【中国图书分类号】** R823

**【引用本文】** 李佳芮,吴磊,黄平伯,等.高体力活动人群应力性骨折影响因素的Meta分析[J].武警医学,2026,37(1):41-47,53.

## Meta-analysis of risk factors for stress fractures in high-intensity physical activity populations

LI Jiarui<sup>1</sup>, WU Lei<sup>1</sup>, HUANG Pingbo<sup>1</sup>, ZHANG Xiuqin<sup>2</sup>, ZHANG Yongdong<sup>1</sup>, YU Mingliang<sup>2</sup>, and LI Hongtao<sup>2</sup>✉. 1. Department of Rehabilitation Medicine and Physiotherapy, 2. Department II of Internal Medicine, Tianjin Municipal Corps Hospital of Chinese People's Armed Police Force, Tianjin 300252, China

**【Abstract】 Objective** To systematically evaluate the influencing factors of stress fracture in high-intensity physical activity population. **Methods** Literature related to stress fractures in high-intensity physical activity population was retrieved from databases such as CNKI, Wanfang, VIP, CBM, PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science, etc. with the publication time ranging from January 1, 2000 to December 31, 2024. Two researchers independently conducted literature screening, data extraction, and quality evaluation. Two researchers independently conducted literature screening, data extraction, and quality evaluation. **Results** A total of 23 articles were included with a cumulative sample size of 1,479,201 cases. Meta-analysis showed that the influencing factors of stress fractures were previous fracture history ( $OR=1.66, 95\%CI:1.30\sim 2.11$ ), gender ( $OR=1.25, 95\%CI:1.20\sim 1.31$ ), subjective perception ( $OR=1.75, 95\%CI:1.39\sim 2.20$ ), low BMI ( $OR=1.8, 95\%CI:1.63\sim 2.00$ ), low serum level of 25 hydroxyvitamin D ( $OR=3.91, 95\%CI:2.64\sim 5.80$ ), poor training performance ( $OR=2.21, 95\%CI:1.67\sim 2.92$ ), amenorrhea ( $OR=3.55, 95\%CI:2.06\sim 6.41$ ), and previous exercise habits ( $OR=0.54, 95\%CI:0.44\sim 0.67$ ). **Conclusions** Previous fracture history, gender, subjective perception, low BMI, serum level of 25 hydroxyvitamin D, training performance, amenorrhea, and previous exercise history are all independent influencing factors of stress fractures in high-intensity physical activity population.

**【Key words】** stress fracture; influencing factors; Meta-analysis; high-intensity physical activity population; exercise habits

应力性骨折(也称疲劳性骨折),是因长期、反复的机械应力作用于骨骼,导致骨组织发生微损伤并逐渐积累而形成的骨折<sup>[1]</sup>。应力性骨折好发于活动时的应力集中区域如胫骨、跖骨、腓骨和股骨等下肢承重骨及脊柱椎弓等,常见于高体力活动人群,

发病率高达12%~35%<sup>[2,3]</sup>。我国男性运动员应力性骨折的发病率为15%~28%<sup>[4-6]</sup>。应力性骨折造成身体长期功能障碍,若未及时干预,不仅严重影响患病群体健康,甚至提前终止患者职业生涯。识别应力性骨折的影响因素有助于对高体力活动人群制定针对性的预防策略,如调整训练、补充营养和生物力学干预。目前已有大量研究探讨其影响因素,但结果存在较大差异,本研究通过Meta分析整合现有证据,为临床决策提供依据。

**基金项目:** 武警部队某课题资助

**作者简介:** 李佳芮,硕士研究生,主治医师。

**作者单位:** 300252, 武警天津总队医院: 1. 康复医学与理疗科, 2. 内二科

✉ 通信作者

## 1 资料与方法

1.1 文献检索策略 检索中国知网(CNKI)、中国生物医学文献数据库(CBM)、万方数据库、维普数据库(VIP)、the Cochrane Library、PubMed、Web of Science、EMbase 数据库中关于应力性骨折影响因素的相应文献。检索时限从2000-01至2024-12。结合主题词和自由词制定检索策略。中文检索词为“应力性骨折、行军骨折、疲劳性骨折、机能不全性骨折、微骨折、影响因素、病因、相关因素、病例对照、队列研究”。英文检索词主要有 Stress Fracture、Fatigue Fractures、March Fracture、Insufficiency Fracture、Microfracture、Risk Factors、Population at Risk、Health Correlates 和 Cohort Study、Case-Control Study。

1.2 文献纳入与排除标准 纳入标准:(1)研究类型为横断面研究、病例对照研究或队列研究;(2)研究对象为运动员、军人等高体力活动人群;(3)结局指标为明确报告应力性骨折的发生及相关危险因素;(4)研究结果中提供比值比(OR)和95%置信区间(CI)。排除标准:(1)研究对象合并其他疾病等严重并发症者;(2)低质量文献或无法提取效应量;(3)非中英文文献;(4)不能获取全文的文献;(5)重复发表文献。

1.3 文献筛选及资料提取 由2名评价者独立工作,根据纳入、排除标准,按照题录、摘要、全文对检索到的文献进行筛选,最终确定纳入文献,详细记录每篇文献的题目、作者、发表年份、研究类型、国家、样本量、研究对象、应力性骨折相关危险因素、研究结果。按照统一表格,由2位研究者独立记录,相互核对数据后存档。在筛选过程中,如遇分歧,相互讨论解决或交由第3位研究者审核协助解决,如遇 $\geq 2$ 篇文献来源于同一调查人群,则选择数据最全的一篇。

1.4 文献质量评价 由2名研究员独立对纳入文献进行质量评价。横断面研究采用美国卫生保健研究和质量机构(Agency for Healthcare Research and Quality, AHRQ)<sup>[7]</sup>推荐的横断面研究质量评价标准进行评价,共11个条目,“是”计1分,“否”或“不清楚”计0分,总分0~11分;0~3分为低质量文献,4~7分为中等质量文献,8~11分为高质量文献。队列研究和病例对照研究则使用纽卡斯尔-渥太华量表(the Newcastle-Ottawa scale, NOS)<sup>[8]</sup>进行评价,该量表包括研究对象的选择、组间可比性、结果或暴露因素3个维度,总分0~9分,0~3分为低质量文献,4~6分为中等质量文献,7~9分为高质量文献。

1.5 统计学处理 使用 Rev Man 5.4、EndNote

21.0 和 NoteExpress 软件进行数据分析。通过 Q 检验和  $I^2$  值评估各研究间的异质性,若  $P \geq 0.10$  且  $I^2 \leq 50\%$ ,则认为各研究间异质性可接受,选择固定效应模型合并效应量;反之,则认为各研究间异质性较大,进行敏感性分析减少异质性,异质性仍较大者则选择随机效应模型。二分类变量采用 OR 值及 95% 置信区间(CI)表示。采用 Egger's 检验定量评估纳入研究的发表偏倚, $P > 0.05$  表明无明显发表偏倚,检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

2.1 文献检索结果 初步检索共获得 795 篇文献,其中中文文献 50 篇,英文文献 745 篇;剔除重复文献后阅读题和摘要,再阅读全文复筛文献,最终纳入文献 23 篇<sup>[9-31]</sup>,文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入文献的基本特征及方法学质量评价 纳入的 23 篇文献中,中文文献 9 篇,外文文献 14 篇,合计样本量 1 479 201。文献方法学质量评价得分均  $\geq 6$  分,质量较高(表 1)。

### 2.3 Meta 分析结果

2.3.1 应力性骨折的各影响因素 Meta 分析结果显示,血清 25 羟维生素 D(25-OH-D)、闭经、BMI、训练成绩、既往骨折史、主观感受、性别、既往锻炼习惯、MP 药物的使用均是应力性骨折的影响因素(表 2)。森林图将优先展示具有显著统计学意义、较大效应量、重要临床意义的因素。

2.3.2 25-OH-D 浓度 有 4 项研究报道了 25-OH-D 浓度对应应力性骨折的影响,选择固定效应对 25-OH-D 进行 Meta 分析,提示 25-OH-D 过低是应力性骨折的危险因素( $Z = 6.80, P < 0.05$ ),过低 25-OH-D 发生应力性骨折的风险是健康人的 3.91 倍(图 2)。

2.3.3 BMI 有 6 项研究报道了 BMI 对应应力性骨折的影响,去除王心 2003 和 Haggai 2017 这两篇影响异质性的文献后, $I^2 = 0\% < 50\%, P = 0.41$ 。选择固定效应对 BMI 进行 Meta 分析,提示过低的 BMI 是应力性骨折的危险因素( $Z = 11.27, P < 0.05$ ),过低 BMI 发生应力性骨折的风险是正常 BMI 的 1.80 倍(图 3)。

2.3.4 训练成绩 有 5 项研究报道了训练成绩对应应力性骨折的影响,去除影响异质性的文献徐建 2024 后, $I^2 = 43\% < 50\%, P = 0.15$ 。选择固定效应对训练成绩进行 Meta 分析,提示较差的训练成绩是应力性骨折的危险因素( $Z = 5.53, P < 0.05$ ),较差训练成绩的人群发生应力性骨折的风险是成绩好的 2.21 倍(图 4)。

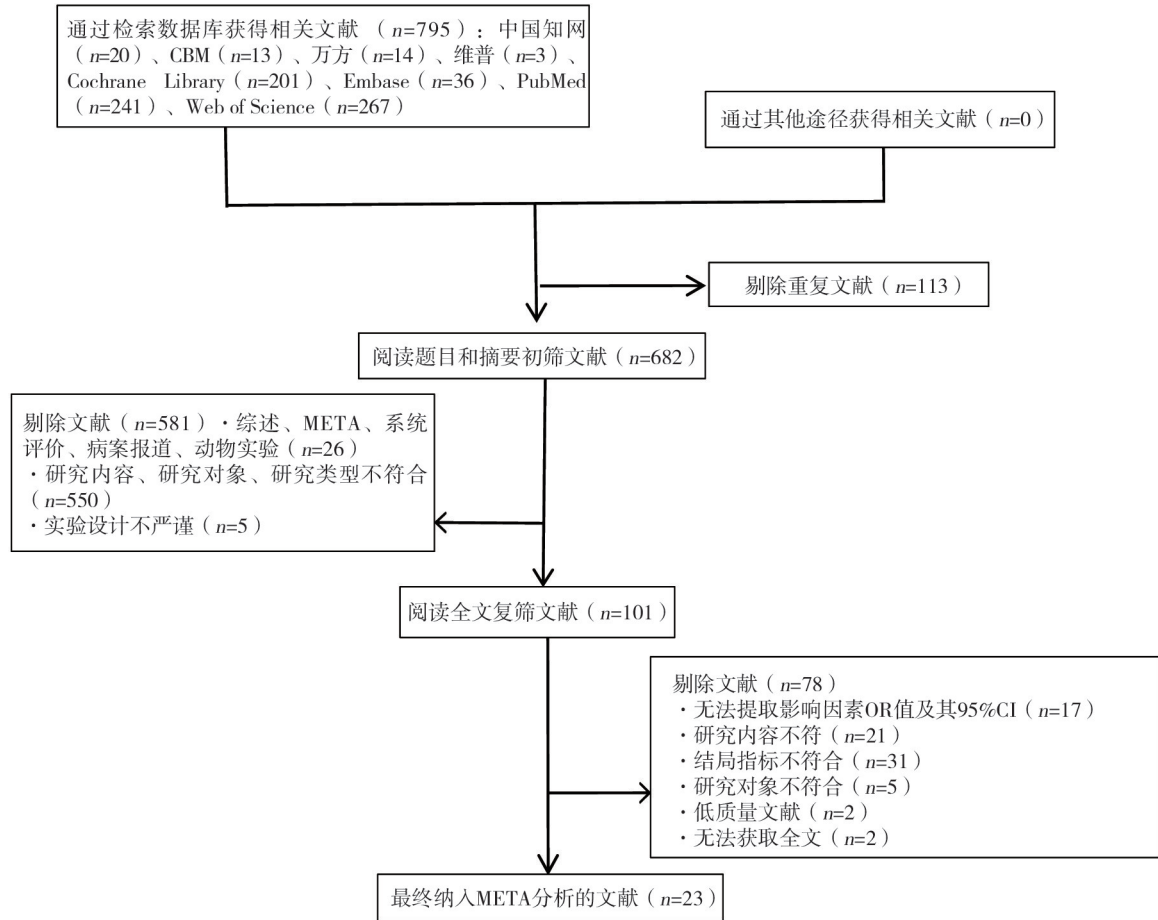


图1 文献筛选流程

表1 纳入文献的基本特征和质量评分

第一作者	发表年份	研究类型	国家	研究对象	样本量	NOS 评分	影响因素
张幸 <sup>[9]</sup>	2020	病例对照	中国	海军	520	8分	baf
谭芊 <sup>[10]</sup>	2024	病例对照	中国	解放军	300	9分	hi
史小丹 <sup>[11]</sup>	2024	病例对照	中国	武警	1205	9分	ifs
赵琳 <sup>[12]</sup>	2017	病例对照	中国	陆军	1454	9分	jbafk
徐健 <sup>[13]</sup>	2024	病例对照	中国	陆军	11 987	9分	cdbak
龙泳 <sup>[14]</sup>	2000	病例对照	中国	解放军	376	8分	bke
倪山 <sup>[15]</sup>	2012	病例对照	中国	武警	96	9分	be
唐文浩 <sup>[16]</sup>	2022	队列研究	中国	某军种	637	9分	cadi
王心 <sup>[17]</sup>	2003	病例对照	中国	武警	1702	8分	bg
Ruohola <sup>[18]</sup>	2006	队列研究	芬兰	新兵	756	8分	i
Ian M. <sup>[19]</sup>	2014	队列研究	美国	陆军	46 249	7分	l
Ilan S. <sup>[20]</sup>	2018	队列研究	以色列	国防军	100 000	8分	mcqonp
Mitchell J. <sup>[21]</sup>	2006	病例对照	美国	海军	824	7分	krs
John C. <sup>[22]</sup>	2020	病例对照	秘鲁	海军	238	9分	cst
Keith J. <sup>[23]</sup>	2007	病例对照	美国	女性	168	8分	u
Adam S. <sup>[24]</sup>	2022	队列研究	美国	女运动员	321	9分	vragq
Michael <sup>[25]</sup>	2016	队列研究	英国	海军	1065	8分	g
Adam S. <sup>[26]</sup>	2013	队列研究	美国	大学生	748	8分	abg
Schermann <sup>[27]</sup>	2018	队列研究	以色列	新兵	682 110	8分	mpqwjts
Haggai <sup>[28]</sup>	2017	病例对照	以色列	士兵	8587	7分	mcg
Andrew S. <sup>[29]</sup>	2024	队列研究	美国	空军	2290	7分	ab
Knapik J. <sup>[30]</sup>	2012	队列研究	美国	陆军	614 606	8分	pgw
Richard A. <sup>[31]</sup>	2006	队列研究	美国	海军	2962	7分	rk

注：a. 既往骨折史；b. 既往体育锻炼史；c. 性别；d. 饮食；e. 吸烟；f. 主观感受；g. BMI；h. 血钙；i. 维生素 D；j. 文化程度；k. 训练成绩；l. 服用他汀类药物；m. 使用 MP (Methylphenidate) 治疗多动症；n. 服役期限；o. 贫血；p. 年龄；q. 体重；r. 闭经；s. 训练频率；t. 经济水平；u. 家族史；v. 骨密度；w. 起源。

表 2 应力性骨折影响因素的 Meta 分析

影响因素	纳入文献/ 篇	异质性检验		效应模型	OR(95%CI)	Z	P
		I <sup>2</sup> /%	P				
25-OH-D	4	0	0.41	固定	3.91(2.64~5.80)	6.80	<0.0001
闭经	3	0	0.90	固定	3.55(2.06~6.14)	4.54	<0.0001
BMI	4	0	0.41	固定	1.80(1.63~2.00)	11.27	<0.0001
训练成绩	4	43	0.15	固定	2.21(1.67~2.92)	5.53	<0.0001
既往骨折史	5	56	0.06	随机	1.66(1.30~2.11)	4.07	<0.0001
主观感受	2	0	0.76	固定	1.75(1.39~2.20)	4.77	<0.0001
性别	3	0	0.38	固定	1.25(1.20~1.31)	9.49	<0.0001
既往锻炼史	8	64	0.007	随机	0.54(0.44~0.67)	5.83	<0.0001
MP 药物的使用	2	0	0.39	固定	1.04(1.02~1.07)	3.35	0.0008

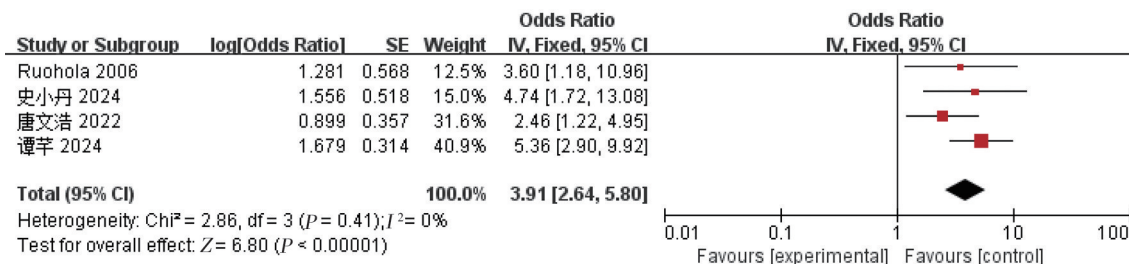


图 2 血清 25-OH-D 浓度对应应力性骨折影响的森林图

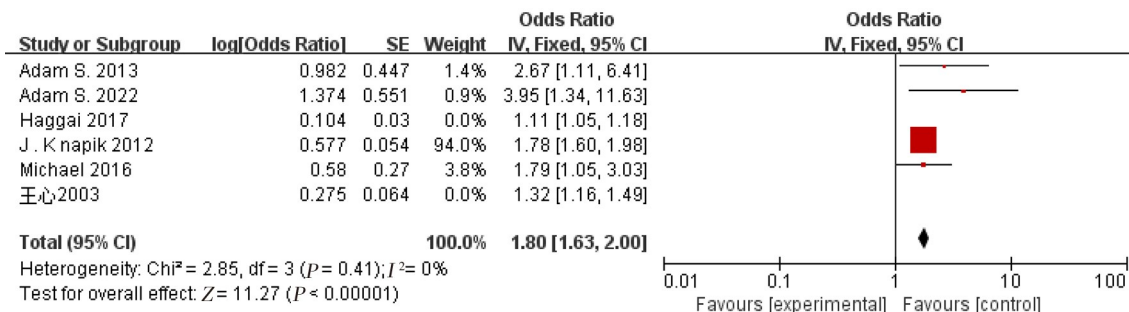


图 3 BMI 对应应力性骨折影响的森林图

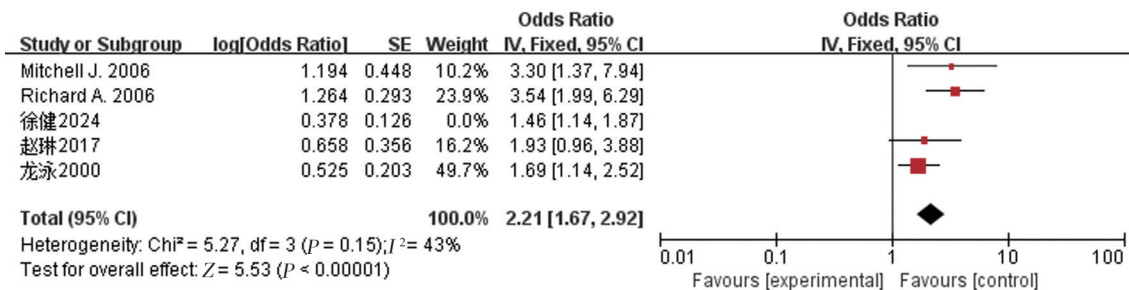


图 4 训练成绩对应应力性骨折影响的森林图

2.3.5 既往骨折史 有7项研究报道了既往骨折史对应力性骨折的影响,去除2篇影响异质性的文献后,选择随机效应对既往骨折史进行 Meta 分析,结果发现,既往骨折史是应力性骨折的危险因素 ( $Z=4.07, P<0.05$ ),存在既往骨折史发生应力性骨折的风险是无骨折史的 1.66 倍(图 5)。

2.3.6 既往是否有锻炼习惯 有8项研究报道了既往是否有锻炼习惯对应力性骨折的影响,尽管研

究结果存在异质性,但通过敏感性分析发现删除文献不能明显降低异质性,因此保留全部文献。选择随机效应对入伍前体育锻炼因素进行 Meta 分析,得出既往有体育锻炼习惯是应力性骨折的独立保护因素 ( $Z=5.83, P<0.05$ )。既往有体育锻炼习惯的人群发生应力性骨折的可能性仅是无体育锻炼习惯的 54%(图 6)。

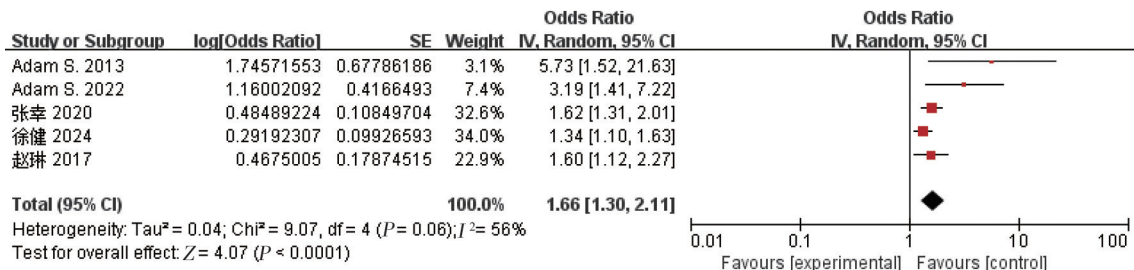


图 5 既往骨折史对应力性骨折影响的森林图(删除两篇后)

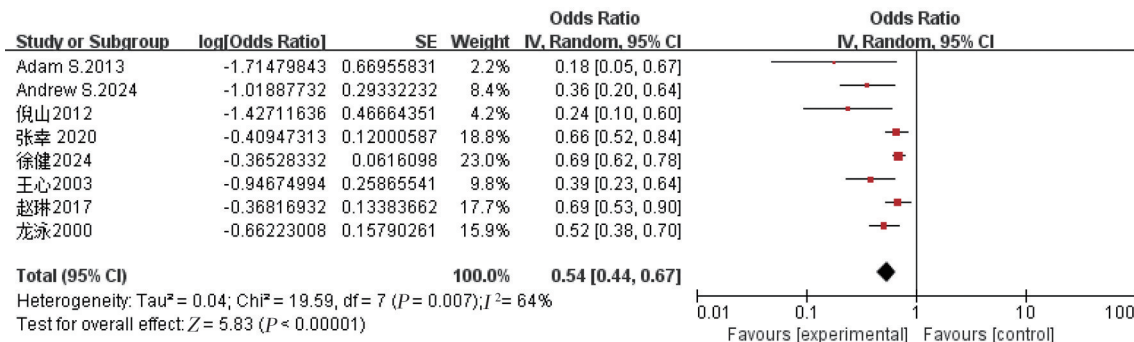


图 6 既往有锻炼习惯对应力性骨折影响的森林图

2.4 描述性分析结果 本研究发现,仍有多个因素由于只有单篇文献报道或数据难以合并,现进行描述性分析。例如对饮食的研究报道,一篇研究方向为饮食偏嗜,另一篇则是含钙丰富的食物摄入多,数据多无法进行合并。关于民族起源的研究报道,因地域广泛无法进行合并分析。关于文化程度、他汀类药物的使用、经济水平、家族史等均为单篇文献。其中高文化群体可能更易理解运动学、解剖学等相关知识,可主动规避风险行为,从而降低应力性骨折的发生概率。他汀类药物对应力性骨折的影响存在双向调节作用,涉及骨代谢的调控,且受药物使用时长、剂量、人群的影响,现暂无明确循证研究<sup>[32]</sup>。高经济人群可能因居住、饮食、心理、医疗支持等多方面因素占有优势,降低了应力性骨折的发生概率。

2.5 发表偏倚分析结果 以血清 25-OH-D 为例,漏斗图显示各项研究基本围绕中心线对称排列,发表偏倚不明显(图 7)。

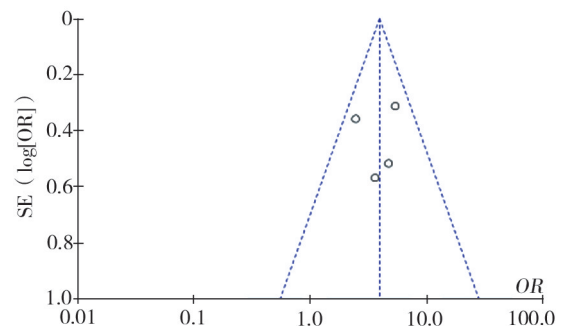


图 7 血清 25-OH-D 浓度的漏斗图

2.6 敏感性分析结果 本研究对应力性骨折影响因素采用固定效应模型和随机效应模型估计其合并

OR 值及 95%CI, 结果非常接近, 表明本研究的合并结果基本可靠(表 3)。

表 3 应力性骨折影响因素敏感性分析

影响因素	固定效应模型		随机效应模型	
	合并 OR 值	95%CI	合并 OR 值	95%CI
25-OH-D	3.91	2.64~5.80	3.91	2.64~5.80
闭经	3.55	2.06~6.14	3.55	2.06~6.14
BMI	1.80	1.63~2.00	1.56	1.20~2.04
训练成绩	2.21	1.67~2.92	2.03	1.43~2.88
既往骨折史	1.53	1.34~1.74	1.66	1.30~2.11
主观感受	1.75	1.39~2.20	2.09	1.34~3.26
性别	1.25	1.20~1.31	1.26	1.07~1.49
入伍前有锻炼习惯	0.64	0.58~0.70	0.54	0.44~0.67
MP 药物的使用	1.04	1.02~1.07	1.25	0.92~1.71

### 3 讨 论

3.1 核心危险因素 血清 25-OH-D 浓度过低增加应力性骨折风险。维生素 D 缺乏直接影响钙磷代谢和骨重塑,降低骨强度,增加微骨折风险。需将维生素 D 筛查纳入高风险人群(如新兵、运动员)的常规体检,建议高体力者每日补充 800 U 血清 25-OH-D 和 2000 mg 钙<sup>[33]</sup>。闭经也是应力性骨折独立高危因素,导致雌激素水平低下,触发骨代谢失衡及能量代谢紊乱,闭经后骨吸收加速,成骨抑制,血钙丢失过度。若女性因控制体重刻意拒绝油脂摄入,每日能量摄入偏低也会继发闭经,微骨折的风险进一步增高。值得注意的是恢复月经并不等同于骨骼完全修复,骨小梁等微结构的恢复仍滞后 6~12 个月,期间依旧需要避免高强度冲击训练<sup>[34]</sup>。临床上可排查是否存在能量负平衡,调整运动负荷,必要时采用联合激素替代治疗或营养强化。

3.2 重要可调控因素 肌肉是骨骼的“天然减震器”,强壮的肌肉可以吸收和分散施加在骨骼上的冲击力,肌肉含量减少后,更多的应力直接作用到骨骼。有研究报道,中国官兵的体重、BMI 和体脂含量百分比,处于正常水平,均略低于美军<sup>[17]</sup>。有研究发现,由于骨骼缺乏肌肉的保护与支撑,如高体力活动人群再进行重复性的负重活动,骨骼反复承受的负荷超过本身的承受能力,体重过低且 BMI 低于正常水平时,容易引发应力性骨折<sup>[17]</sup>。所以在高强度训练后,能量被大量消耗应及时增加蛋白质和钙摄入,使其体重指数保持在适宜的范围。训练成绩欠佳也是应力性骨折的潜在原因,训练成绩欠佳的运

动员多数存在动作不协调、肌肉耐力不足等情况,不正确的运动模式导致异常应力集中于特定骨骼如胫骨、舟骨,使得应力性骨折的风险增加。针对这些训练成绩欠佳的人员可引入渐进式力量训练和生物力学矫正。既往骨折史提示个体可能存在骨密度偏低或骨代谢异常,建议运动前通过 X 线骨密度仪进行评估。个人主观抵触情绪行为分析,某些运动员们一起来到陌生的环境进行新的生活,需要适应。加之训练强度的增加,接受新知识的程度也因人而异,可能出现紧张、焦虑、畏难等情绪。这些情绪波动会直接影响躯体反应,在训练时可出现机械、僵硬等表现,四肢的协调性差,甚至还会延缓机体的保护性条件反射,从而导致损伤的发生<sup>[12]</sup>。后续应重点关注相对敏感、负面情绪多且无法适应新生活的人群,通过心理疏导、积极暗示、正向鼓励关注、运动游戏化设计改善参与度。性别中女性因雌激素波动、骨盆解剖结构和肌肉量较少,风险会高于男性。如若叠加闭经,风险呈指数上升。针对女性的运动则应循序渐进,不能盲目参照男性运动员水平。

3.3 重要保护因素 既往有锻炼习惯是应力性骨折的保护因素。既往规律运动的人群相对于其他人而言,在肌肉力量、身体协调性、耐力、关节稳定性灵活性等诸多方面都占有优势,肌肉骨骼系统能承受较高的训练强度<sup>[13]</sup>。规律锻炼通过骨塑形增强骨密度,并通过肌肉力量分散应力。本研究提示,参加高强度运动前至少进行 6 周预适应训练,如负重行走、跳跃训练、功能性锻炼等。

3.4 重争议或低效因素 国外报道提示多动症药物(如哌甲酯)对应力性骨折无显著影响,MP 的使

用可能会抑制食欲<sup>[28]</sup>。食欲下降导致热量摄入减少,同时可能伴随关于骨骼营养的钙、磷、蛋白质的摄入不足。虽然大多研究显示使用MP的多动症患者与应力性骨折有关联性,但这并不意味着MP是直接唯一的原因。风险很有可能是多种因素共同作用后的结果。本研究关于年龄的研究结果虽无统计学意义,但是考虑本研究对象,样本普遍年轻化,整个样本的年龄范围都处于“相对低龄风险”区间内,此结论就无法推广到普通中老年人。

综上,本研究结果证明,血清25-OH-D过低、闭经、BMI过低、训练成绩差、既往骨折史、个人主观抵触情绪、女性均为增加应力性骨折风险的影响因素。既往锻炼习惯则为应力性骨折的保护性因素。建议对于高体力活动人群,应定期监测血清25-OH-D浓度,当低于正常水平时立即进行补充;恢复体重和BMI至健康范围,增加热量摄入,保证蛋白质和钙质;调整运动和康复计划,引入非负重运动如游泳、骑行,在指导下进行大肌群的力量训练,可以明显降低应力性骨折发生率。

**【参考文献】**

[ 1 ] 徐 莉,王晶晶,敬建军,等.某军队医院5年军事训练伤住院病例分析[J].西北国防医学杂志,2016,37(4):218-219.

[ 2 ] Changstrom B G, Brou L, Khodae M, et al. Epidemiology of stress fracture injuries among US high school athletes, 2005-2006 through 2012-2013[J]. Am J Sports Med, 2015, 43(1): 26-33.

[ 3 ] Milgrom C, Giladi M, Stein M, et al. Stress fractures in military recruits. a prospective study showing an unusually high incidence[J]. J Bone Joint Surg Br, 1985, 67(5):732-725.

[ 4 ] Zhao L, Chang Q, Huang T, et al. Prospective cohort study of the risk factors for stress fractures in Chinese male infantry recruits [J]. J Int Med Res, 2016, 44(4): 787-795.

[ 5 ] 喻树高,盘振宇.军事训练伤致下肢应力性骨折流行病学调查[J].人民军医,2008,51(2):72-74.

[ 6 ] Claassen J, Rohrbeck P. Fractures among active component, recruit trainees, and deployed service members, U. S. Armed Forces, 2003-2012[J]. MSMR, 2014, 21(9): 2-7.

[ 7 ] Guise J M, Chang C, Viswanathan M, et al. Agency for healthcare research and quality evidence-based practice center methods for systematically reviewing complex multicomponent health care interventions[J]. J Clin Epide-

miol, 2014, 67(11): 1181-1191.

[ 8 ] Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in Meta-analyses[J]. Eur J Epidemiol, 2010, 25: 603-605.

[ 9 ] 张 幸,陈 锐,祝 鑫.海军陆战队军事训练致下肢应力性骨折发生率风险因素分析[J].解放军预防医学杂志,2020,38(10):23-25.

[ 10 ] 谭 芊,李勋章,刘明慧.军事训练人员下肢应力性骨折风险预测模型的构建[J].当代护士,2024,31(8):151-156.

[ 11 ] 史小丹.军事训练致应力性骨折的影响因素[J].中国民康医学,2024,36(10):8-10.

[ 12 ] 赵 琳.陆军新兵应力性骨折风险因素的相关性研究[D].西安:第四军医大学,2016.

[ 13 ] 徐 健,于 健,许金芳,等.陆军新兵训练应力性骨损伤调查与相关因素分析[J].中国矫形外科杂志,2024,32(12):1057-1062.

[ 14 ] 龙 泳,李远贵,李良寿,等.部分新兵基础训练期间应力性骨折的病例对照研究[J].解放军预防医学杂志,2000,18(5):316-319.

[ 15 ] 倪 山.武警新兵下肢应力骨折危险因素的病例对照研究[J].内蒙古医学杂志,2012,44(5):525-528.

[ 16 ] 唐文浩.新训人员应力性骨折流行病学特征及维生素D联合钙的预防作用研究[D].西安:中国人民解放军空军军医大学,2022.

[ 17 ] 王 心,汪培山,丁 强,等.武警新兵应力性骨折危险因素的巢式病例对照研究[J].解放军预防医学杂志,2003,21(4):248-251.

[ 18 ] Ruohola J P, Laaksi I, Ylikomi T, et al. Association between serum 25 (OH) D concentrations and bone stress fractures in finnish young men[J]. J Bone Miner Res, 2006, 21(9): 1483-1488.

[ 19 ] Ward I M, Mortensen E M, Battafarano D F, et al. Association of statins and risk of fractures in a military health system; a propensity score matched analysis[J]. Ann Pharmacother, 2014, 48(11): 1406-1414.

[ 20 ] Ben-Ami I S, Ankory R, Kadar A, et al. The effect of previous methylphenidate use on incidence of stress fractures in military recruits: a retrospective cohort[J]. JBJS, 2018, 100(11): 930-935.

[ 21 ] Rauh M J, Macera C A, Trone D W, et al. Epidemiology of stress fracture and lower-extremity overuse injury in female recruits [J]. Med Sci Sports Exerc, 2006, 38(9): 1571.

[ 22 ] Becerra J C, Ventura L, de La J A. Factors associated with stress fracture: a case-control study in a peruvian navy medical center[J]. Medwave, 2020, 20(5):635-638.