

高原地区军人膝骨关节炎流行病学调查及相关危险因素分析

李培杰^{1,2}, 乔永杰², 曹雅菲¹, 曾健康¹, 谭飞¹, 李嘉欢¹, 许瑞岭², 叶铄², 周胜虎^{2*}¹甘肃中医药大学第一临床医学院, 甘肃兰州 730000; ²解放军联勤保障部队第940医院关节外科, 甘肃兰州 730000

[中图分类号] R684.3 [文献标志码] A [DOI] 10.11855/j.issn.0577-7402.1151.2025.0313

[声明] 本文所有作者声明无利益冲突

[引用本文] 李培杰, 乔永杰, 曹雅菲, 等. 高原地区军人膝骨关节炎流行病学调查及相关危险因素分析[J]. 解放军医学杂志, 2025, 50(11): 1374-1381.

[收稿日期] 2024-07-29 [录用日期] 2024-11-12 [上线日期] 2025-03-13

[摘要] 目的 调查高原地区军人膝骨关节炎(KOA)的流行病学特征并探讨其危险因素。方法 2023年7月—2024年7月在不同海拔(1500~4500 m)、不同地域(甘肃、青海、西藏、新疆)采取多阶段分层整群随机抽样的方法调查西北高原地区军人KOA的患病率及相关危险因素。根据是否患有KOA将所有研究对象分为KOA组与非KOA组。选取年龄、性别、体重指数(BMI)、文化程度、吸烟、军衔、军兵种、服役年限、地区海拔、年平均气温、训练时间、自我感觉训练强度及膝关节外伤史等变量进行组间单因素分析,将单因素分析中 $P<0.05$ 的变量纳入二元多因素logistic回归分析探讨KOA的危险因素。结果 共发放问卷3000份,回收有效问卷2854份,问卷合格率95.1%,其中男2584名,女270名;患KOA 510例,患病率17.9%。单因素分析显示,KOA组与非KOA组的年龄、BMI、吸烟、军衔、军兵种、服役年限、地区海拔、年平均气温、训练时长、自我感觉训练强度及膝关节外伤史差异有统计学意义($P<0.05$);而两组的性别、文化程度差异无统计学意义($P>0.05$)。二元多因素logistic回归分析显示,年龄大($OR=1.382$, $P=0.017$)、BMI高($OR=8.266$ 或 $OR=9.416$, $P<0.01$)、吸烟($OR=1.929$, $P<0.01$)、军衔高($OR=1.485$, $P=0.007$)、武警($OR=3.308$, $P<0.01$)、服役年限长($OR=3.746$ 或 $OR=5.582$ 或 $OR=13.629$, $P<0.01$)、地区海拔高($OR=1.459$, $P<0.01$)、年平均气温低($OR=1.188$, $P=0.001$)、训练时间长($OR=3.388$ 或 $OR=10.785$ 或 $OR=9.696$, $P<0.01$)、自我感觉训练强度费力($OR=2.450$, $P<0.01$)及膝关节外伤史($OR=2.768$, $P=0.002$)是KOA的独立危险因素。结论 对于年龄较大、超重/肥胖、吸烟、军衔高、武警、服役年限长、高海拔、高寒、训练时间长、高训练强度及有膝关节外伤史的高原地区军人,应制定科学的训练计划和KOA预防策略。

[关键词] 膝骨关节炎; 流行病学; 超声检查; 患病率; 危险因素

Epidemiological survey of knee osteoarthritis and analysis of related risk factors among military personnel in plateau regions

Li Pei-Jie^{1,2}, Qiao Yong-Jie², Cao Ya-Fei¹, Zeng Jian-Kang¹, Tan Fei¹, Li Jia-Huan¹, Xu Rui-Ling², Ye Shuo², Zhou Sheng-Hu^{2*}¹The First Clinical Medical College, Gansu University of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou, Gansu 730000, China²Department of Joint Surgery, the 940th Hospital of the Joint Logistics Support Force of Chinese PLA, Lanzhou, Gansu 730000, China

*Corresponding author, E-mail: zhoushenghu120@163.com

This work was supported by the Natural Science Foundation of Gansu Province (22JR5RA009), the Military Specific Incubation Project (2021YXKY014), the Lanzhou Science and Technology Project (2023-2-11, 2023-ZD-170), and the Gansu University of Traditional Chinese Medicine Mentorship Project (2023YXKY015)

[Abstract] **Objective** To investigate the epidemiological characteristics of knee osteoarthritis (KOA) among military personnel in plateau regions and to explore its risk factors. **Methods** From July 2023 to July 2024, a multi-stage stratified cluster random sampling method was employed to survey the prevalence of KOA and related risk factors among military personnel in the northwest plateau regions of China, covering different altitudes (1500–4500 m) and geographical areas (Gansu, Qinghai, Tibet, and

[基金项目] 甘肃省自然科学基金(22JR5RA009); 军队专项培育项目(2021YXKY014); 兰州市科技计划项目(2023-2-11, 2023-ZD-170); 甘肃中医药大学导师专项(2023YXKY015)

[作者简介] 李培杰, 医学硕士, 主要从事膝骨关节炎方面的研究**[通信作者]** 周胜虎, E-mail: zhoushenghu120@163.com

Xinjiang). All study subjects were divided into KOA and non-KOA groups based on the presence or absence of KOA. Variables including age, gender, body mass index (BMI), education level, smoking status, military rank, military branch, service duration, regional altitude, annual average temperature, training duration, perceived training intensity, and history of knee injury were selected for univariate analyses between groups. Variables with $P < 0.05$ in the univariate analyses were included in the binary multifactor logistic regression to identify risk factors for KOA. **Results** A total of 3000 questionnaires were distributed, and 2854 valid questionnaires were collected, with a response rate of 95.13%. The sample included 2584 males and 270 females, with 510 cases of KOA, resulting in a prevalence rate of 17.9%. Univariate analysis showed that there were statistically significant differences between KOA and non-KOA groups in terms of age, BMI, smoking status, military rank, military branch, service duration, regional altitude, annual average temperature, training duration, perceived training intensity, and history of knee injury ($P < 0.05$). However, no significant differences were found in gender and education level ($P > 0.05$). Binary multivariate logistic regression analysis revealed that older age ($OR = 1.382, P = 0.017$), higher BMI ($P < 0.01$), smoking ($OR = 1.929, P < 0.01$), higher military rank ($OR = 1.485, P = 0.007$), being a member of the Armed Police ($P < 0.01$), longer service duration ($P < 0.01$), higher regional altitude ($OR = 1.459, P < 0.01$), lower annual average temperature ($OR = 1.188, P = 0.001$), longer training duration ($P < 0.01$), higher perceived training intensity ($OR = 2.450, P < 0.01$), and history of knee injury ($OR = 2.768, P = 0.002$) were independent risk factors for KOA. **Conclusions** Older age, overweight/obesity, smoking, higher military rank, being a member of the Armed Police, longer service duration, higher altitude, cold climate, longer training duration, higher training intensity, and history of knee injury are independent risk factors for KOA among military personnel in the northwest plateau regions of China.

[Key words] knee osteoarthritis; epidemiology; ultrasonography; prevalence; risk factors

膝关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是一种以关节间隙变窄、滑膜炎、软骨损伤及骨赘形成为特征的慢性退行性疾病^[1-3],在现役和退伍军人中普遍存在,分析原因可能与这一独特人群的高强度活动及需求有关。对军事人员的训练强度及环境要求,易致使膝关节的压力及损伤风险增大。高原地区具有海拔高、气压低、含氧少的特殊地域性质,使机体红细胞和血红蛋白增加,血液黏稠、血流减慢,最终导致关节液产生与吸收受阻,关节损伤后恢复困难^[4-5]。于伯泉等^[6]发现,高原环境与KOA的发生密切相关。相较于低海拔地区的人群,长期活动在高原地区的军人易出现肌肉软组织劳损,而肌肉对于稳定骨关节起着至关重要的作用^[7]。Moghimi等^[8]的一项病例对照研究也表明,高原地区人群患KOA的风险增加。因此,长期军事训练导致的肌肉劳损易引起膝关节退变,致使高原地区军人KOA的患病率增高。据报道,膝关节是继脊柱和肩关节之后第三个常受伤的部位,平均致残率为11%^[9];KOA一旦发生可限制个人活动,尤其是步行受限明显,严重影响生活质量,且与心血管疾病和全因死亡率增高呈正相关^[10]。因此,KOA可导致军事人员残疾率增高及军队减员。然而,目前国内外的相关研究主要集中在军事训练伤方面^[11-14],军人KOA在高原地区的流行病学特征及危险因素鲜见报道。为此,本研究通过对我国西北不同海拔、不同地域高原部队进行多点抽样调查,了解高原地区军人KOA的流行病学特征并探讨其相关危险因素,旨在为高原地区军人的科学训练及KOA的临床诊治提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2023年7月—2024年7月调查西北高原地区军人的KOA患病率、健康状况及相关因素的分布情况,采取多阶段分层整群随机抽样,在不同海拔(1500~4500 m)、不同地域(甘肃、青海、西藏、新疆)多点抽样调查3000名军人。在甘肃分别抽取海拔 ≤ 2200 m 200名,2200~2500 m 200名,2500~2800 m 140名,2800~3100 m 100名,3100~3400 m 150名;青海分别抽取海拔 ≤ 2200 m 150名,2200~2500 m 150名,2500~2800 m 200名,2800~3100 m 200名;新疆分别抽取海拔2800~3100 m 120名,3100~3400 m 200名,3400~3700 m 140名,3700~4000 m 180名,>4000 m 170名;西藏分别抽取海拔3400~3700 m 200名,3700~4000 m 200名,>4000 m 300名。本研究经解放军联勤保障部队第940医院伦理委员会批准(2023KYLL242),所有研究对象均知情并签署知情同意书。

1.2 调查内容与方法 采用由2名高原骨科专家和1名流行病学专家共同制定的《高原地区军人膝骨性关节炎的风险筛查与防治调查表》进行问卷调查,并由超声科医师进行膝关节软骨损伤分级诊断。所有被调查者均行膝关节高频超声(high frequency ultrasound, HFUS)检查,必要且条件允许时行站立位膝关节正侧位X线片检查以确定KOA的分期,如受试军人条件允许转诊时可进一步完善膝关节MRI检查。问卷调查内容包括:(1)性别、年龄、身高、体重、体重指数(body mass index, BMI;参照世界卫生组织标准, $BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$ 为偏瘦, $18.5 \sim 24.0 \text{ kg/m}^2$

为正常, 24.0~28.0 kg/m²为超重, ≥28.0 kg/m²为肥胖)、军衔、文化程度、军兵种、服役年限、所处地区海拔、年平均气温、膝关节外伤史、训练时间、吸烟等基本信息; 目前暂无相关文献对服役年限、训练时间分级进行系统阐述, 结合我国军人服役年限及训练情况综合考虑, 以1作为最小衡量标准进行分级(服役年限≤1年、1~3年、3~5年、>5年, 训练时长≤1h/d、1~3h/d、3~5h/d、5~7h/d、>7h/d), 该分级不仅囊括了所有可能出现的情况, 而且起到一个细分的作用。本研究系统地将高原地区海拔高度进行细分, 综合西北地区各部队海拔高度, 最终将≤2200 m设为高原地区的最低档, 以300 m依次递增。(2)现病史: 包括既往1个月是否有膝关节疼痛、活动异响、僵硬、肿胀, 膝关节疼痛部位, 晨起疼痛或僵硬时间, 休息后疼痛是否缓解等。(3)功能评价量表: 包括西安大略和麦克马斯特大学(the Western Ontario and McMaster University, WOMAC)骨关节炎指数评分量表中的疼痛程度、僵硬程度和日常活动程度, 以及“低、中、高”训练强度是否困难, 将“无、轻微、中等、严重、非常严重”分别赋值为1、2、3、4、5分。(4)发病情况: 包括发病日期、确诊日期、临床表现、诱因、影像学检查、治疗情况及HFUS检查结果等。

质量控制: 所有调查人员在调查之前均经过统一的系统培训, 培训合格后方可进入调查组。调查一律采用面访调查, 由调查员现场指导受试军人填写问卷, 确保问卷的准确性。由专人进行数据整理、录入, 并剔除不合格的问卷。

1.3 诊断标准 KOA采用临床诊断标准: (1)膝关节疼痛在近1个月内的多数时间发生; (2)影像学检查结果阳性(包括HFUS、X线、MRI检查)。参考Bruyn等^[15]的超声软骨损伤分级: 正常为0级, 软骨表面粗糙为I级, 软骨局部缺损但未及全层为II级, 软骨局部全层缺损为III级, 软骨局部全层缺损并软骨下骨破坏为IV级。排除其他原因引起的膝关节疼痛(如半月板损伤、韧带损伤等)以及类风湿性关节炎、血友病性关节炎、系统性红斑狼疮、痛风等炎症性关节炎。依据是否患KOA将所有研究对象分为KOA组与非KOA组。

1.4 观察指标 选取年龄、性别、BMI、文化程度、吸烟、军衔、军兵种、服役年限、地区海拔、年平均气温、训练时间、自我感觉训练强度及膝关节外伤史等变量进行组间单因素分析, 将单因素分析差异有统计学意义($P<0.05$)的变量纳入二元多因素logistic回归分析, 探讨KOA的独立危险因素。

1.5 统计学处理 采用SPSS 25.0软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示; 计数资料以例(%)表示,

组间比较采用 χ^2 检验。采用二元多因素logistic回归分析探讨KOA的独立危险因素。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况 本次调查共发放问卷3000份, 排除问卷填写不合格、不完整及基本信息未填写的146份, 共回收有效问卷2854份, 问卷合格率95.1%。其中男2584名, 女270名; 年龄18~46(23.2±5.1)岁, 身高(173.98±4.17) cm, 体重(67.25±5.97) kg, BMI(22.19±1.40) kg/m²。

2.2 影响KOA患病的单因素分析 通过临床表现、HFUS检查及影像学检查最终确诊KOA 510例, 患病率17.9%(510/2854); 其中左侧单侧KOA 218例(42.7%), 右侧单侧KOA 142例(27.8%), 双侧KOA 150例(29.4%); 男466例, 患病率18.0%(466/2584), 女44例, 患病率16.3%(44/270), 患病率性别差异无统计学意义($\chi^2=0.503$, $P>0.05$)。单因素分析显示, KOA组与非KOA组的年龄、BMI、吸烟、军衔、军兵种、服役年限、地区海拔、年平均气温、训练时间、自我感觉训练强度及膝关节外伤史比较差异有统计学意义($P<0.05$), 而两组的性别、文化程度比较差异均无统计学意义($P>0.05$, 表1)。

表1 2854例高原地区军人KOA患病的单因素分析[例(%)]

Tab. 1 Univariate analysis of the prevalence of KOA in 2854 cases of military personnel in highland areas [n(%)]

项目	合计 (n=2854)	非KOA组 (n=2344)	KOA组 (n=510)	χ^2	P
性别				0.503	0.478
男	2584(90.5)	2118(90.4)	466(91.4)		
女	270(9.5)	226(9.6)	44(8.6)		
年龄				125.302	<0.010
18~25岁	1656(58.0)	1464(62.5)	192(37.6)		
26~32岁	740(25.9)	566(24.1)	174(34.1)		
33~40岁	374(13.1)	265(11.3)	109(21.4)		
>40岁	84(2.9)	49(2.1)	35(6.9)		
BMI				509.186	<0.010
偏瘦	15(0.5)	10(0.4)	5(1.0)		
正常	2612(91.5)	2272(96.9)	340(66.7)		
超重	217(7.6)	59(2.5)	158(31.0)		
肥胖	10(0.4)	3(0.1)	7(1.4)		
文化程度				4.078	0.396
初中及以下	95(3.3)	72(3.1)	23(4.5)		
高中/中专	423(14.8)	345(14.7)	78(15.3)		
大专	1777(62.3)	1458(62.2)	319(62.5)		
本科	522(18.3)	437(18.6)	85(16.7)		
硕士及以上	37(1.3)	32(1.4)	5(1.0)		

(续表)

项目	合计 (n=2854)	非KOA组 (n=2344)	KOA组 (n=510)	χ^2	P
吸烟				141.559	<0.01
0支/d	1503(52.7)	1355(57.8)	148(29.0)		
1~10支/d	662(23.2)	483(20.6)	179(35.1)		
11~20支/d	490(17.2)	353(15.1)	137(26.9)		
>20支/d	199(7.0)	153(6.5)	46(9.0)		
军衔				210.861	<0.01
列兵	805(28.2)	753(32.1)	52(10.2)		
上等兵	650(22.8)	575(24.5)	75(14.7)		
初级军士	507(17.8)	388(16.6)	119(23.3)		
中级军士	402(14.1)	306(13.1)	96(18.8)		
高级军士	189(6.6)	137(5.8)	52(10.2)		
初级军官	158(5.5)	101(4.3)	57(11.2)		
中、高级军官	143(5.0)	84(3.6)	59(11.6)		
军兵种				30.973	<0.01
陆军	1266(44.4)	1014(43.3)	252(49.4)		
空军	267(9.4)	230(9.8)	37(7.3)		
火箭军	400(14.0)	345(14.7)	55(10.8)		
战略支援部队	326(11.4)	292(12.5)	34(6.7)		
武警	595(20.8)	463(19.8)	132(25.9)		
服役年限				257.977	<0.01
≤1年	922(32.3)	872(37.2)	50(9.8)		
1~3年	699(24.5)	611(26.1)	88(17.3)		
3~5年	503(17.6)	381(16.3)	122(23.9)		
>5年	730(25.6)	480(20.5)	250(49.0)		
地区海拔				34.530	<0.01
≤2200 m	330(11.6)	293(12.5)	37(7.3)		
2200~2500 m	323(11.3)	275(11.7)	48(9.4)		
2500~2800 m	317(11.1)	265(11.3)	52(10.2)		
2800~3100 m	414(14.5)	346(14.8)	68(13.3)		
3100~3400 m	320(11.2)	266(11.3)	54(10.6)		
3400~3700 m	323(11.3)	264(11.3)	59(11.6)		
3700~4000 m	368(12.9)	295(12.6)	73(14.3)		
>4000 m	459(16.1)	340(14.5)	119(23.3)		
年平均气温				33.130	<0.01
≤-10℃	231(8.1)	172(7.3)	59(11.6)		
-10~0℃	490(17.2)	370(15.8)	120(23.5)		
0~10℃	1260(44.1)	1055(45.0)	205(40.2)		
10~20℃	765(26.8)	655(27.9)	110(21.6)		
>20℃	108(3.8)	92(3.9)	16(3.1)		
训练时间				10.636	0.031
≤1h/d	323(11.3)	273(11.6)	50(9.8)		
1~3h/d	820(28.7)	679(29.0)	141(27.6)		
3~5h/d	717(25.1)	596(25.4)	121(23.7)		
5~7h/d	618(21.7)	509(21.7)	109(21.4)		
>7h/d	376(13.2)	287(12.2)	89(17.5)		

(续表)

项目	合计 (n=2854)	非KOA组 (n=2344)	KOA组 (n=510)	χ^2	P
自我感觉训练强度				189.549	<0.01
费力	287(10.1)	204(8.7)	83(16.3)		
稍费力	860(30.1)	600(25.6)	260(51.0)		
不费力	1125(39.4)	1016(43.3)	109(21.4)		
轻松	439(15.4)	396(16.9)	43(8.4)		
很轻松	143(5.0)	128(5.5)	15(2.9)		
膝关节外伤史				169.324	<0.01
无	2601(91.1)	1812(77.3)	249(48.8)		
有	793(27.8)	532(22.7)	261(51.2)		

KOA. 膝骨关节炎; BMI. 体重指数

2.3 影响KOA患病的多因素分析 将单因素分析中 $P<0.05$ 的自变量全部调整为分类变量并赋值[年龄: 18~25岁=1, 26~32岁=2, 33~40岁=3, >40岁=4; BMI (依据WHO标准): 正常=1, 偏瘦=2, 超重=3, 肥胖=4; 吸烟: 0支/d=1, 1~10支/d=2, 11~20支/d=3, >20支/d=4; 军衔: 列兵=1, 上等兵=2, 初级军士=3, 中级军士=4, 高级军士=5, 初级军官=6, 中/高级军官=7; 军兵种: 陆军=1, 空军=2, 火箭军=3, 战略支援部队=4, 武警=5; 服役年限: ≤1年=1, 1~3年=2, 3~5年=3, >5年=4; 地区海拔: ≤2200 m=1, 2200~2500 m=2, 2500~2800 m=3, 2800~3100 m=4, 3100~3400 m=5, 3400~3700 m=6, 3700~4000 m=7, >4000 m=8; 自我感觉训练强度: 很轻松=1, 轻松=2, 不费力=3, 稍费力=4, 费力=5; 膝关节外伤史: 无=0, 有=1]。二元多因素 logistic 回归分析结果显示, 年龄大 ($OR=1.382, P=0.017$)、BMI高 ($OR=8.266$ 或 $OR=9.416, P<0.01$)、吸烟 ($OR=1.929, P<0.01$)、军衔高 ($OR=1.485, P=0.007$)、武警 ($OR=3.308, P<0.01$)、服役年限长 ($OR=3.746$ 或 $OR=5.582$ 或 $OR=13.629, P<0.01$)、地区海拔高 ($OR=1.459, P<0.01$)、年平均气温低 ($OR=1.188, P=0.001$)、训练时间长 ($OR=3.388$ 或 $OR=10.785$ 或 $OR=9.696, P<0.01$)、自我感觉训练强度费力 ($OR=2.450, P<0.01$) 及膝关节外伤史 ($OR=2.768, P=0.002$) 是 KOA 的独立危险因素(表2)。

2.4 患KOA军人的软骨损伤分级及功能评分 既往确诊及本次HFUS检查诊断结果显示, 患KOA军人软骨损伤级270例, 占52.9%(270/510), II级125例, 占24.5%(125/510), III级105例, 占20.6%(105/510), IV级10例, 占2.0%(10/510), 可见高原地区军人KOA主要以轻、中度为主。WOMAC骨关节炎指数评分显示, 疼痛程度为(1.63±0.29)分, 僵硬程度为(1.31±0.29)分, 困难程度中日常活动程度为(1.29±0.18)分, 低强度训练为(1.38±0.58)分, 中等强度训

表2 2854例西北高原地区军人膝骨关节炎(KOA)患病的二元多因素 logistic 回归分析

Tab.2 Binary multifactorial logistic regression analysis of the prevalence of knee osteoarthritis (KOA) in 2854 cases of military personnel in northwest highland areas

变量	β	SE	Wald	OR	95%CI	P
年龄(以18~25岁为参考)	0.520	0.534	10.198	1.382	1.112~1.633	0.017
体重指数(BMI)			85.430			<0.010
正常(参考)						
偏瘦	0.657	0.700	0.881	1.929	0.489~7.606	0.348
超重	2.242	0.247	82.593	9.416	5.805~15.269	<0.010
肥胖	2.112	1.059	3.981	8.266	1.038~65.834	0.046
吸烟(以0支/d为参考)	0.657	0.086	58.906	1.929	1.631~2.282	<0.010
军衔(以列兵为参考)	0.395	0.146	7.343	1.485	1.116~1.976	0.007
军兵种			60.325			<0.010
陆军(参考)						
空军	-1.349	0.362	13.917	0.259	0.128~0.527	<0.010
火箭军	-0.433	0.275	2.469	0.649	0.378~1.113	0.116
战略支援部队	0.162	0.317	0.260	1.176	0.631~2.189	0.610
武警	1.196	0.210	32.396	3.308	2.191~4.994	<0.010
服役年限			20.550			<0.010
≤1年(参考)						
1~3年	1.321	0.444	8.840	3.746	1.568~8.947	0.003
3~5年	1.720	0.515	11.156	5.582	2.035~15.313	0.001
>5年	2.612	0.578	20.459	13.629	4.394~42.273	<0.010
地区海拔(以≤2200 m为参考)	0.378	0.066	32.397	1.459	1.281~1.661	<0.010
年平均气温(以<10℃为参考)	0.287	0.055	8.189	1.188	1.015~1.332	0.001
训练时间			21.902			<0.010
≤1 h/d(参考)						
1~3 h/d	1.443	0.481	9.015	4.235	1.651~10.867	0.003
3~5 h/d	1.220	0.522	5.457	3.388	1.217~9.431	0.019
5~7 h/d	2.378	0.551	18.597	10.785	3.659~31.787	<0.010
>7 h/d	2.272	0.619	13.482	9.696	2.884~32.601	<0.010
自我感觉训练强度(以很轻松为参考)	0.896	0.079	128.797	2.450	2.098~2.860	<0.010
膝关节外伤史(以无为参考)	1.018	0.334	9.276	2.768	1.437~5.329	0.002

练为(1.82±0.84)分, 高等强度训练为(2.25±1.08)分。

3 讨论

3.1 HFUS是早期KOA的理想筛查工具 X线检查对早期(I—II级)关节软骨损伤的敏感度和特异度较低, 且难以清晰显示早期软组织病变^[16], MRI检查耗时长且费用高昂, 且对医师的阅片水平要求较高, 故这两种检查方法均不适用于早期KOA的常规筛查。HFUS可直接显示关节软骨情况, 动态监测关节软骨的变化, 在早期KOA的诊断中具有独特优势^[17]。既往研究表明, HFUS对膝关节软组织、韧带、半月板损伤, 滑膜增生, 以及腘窝囊肿等的检出率与MRI相当, 可用于早期诊断受损膝关节的软骨及滑膜病变, 是早期KOA的首选检查手段^[18-19]。

本研究对所有被调查者均进行膝关节HFUS检查, 发现高原地区军人KOA主要为轻、中度病变(软骨损伤分级I—III级), 证实了HFUS对膝关节软骨早期病变及病情评估具有可靠的临床价值。因此, HFUS可能是高原地区军人早期KOA诊断、筛查及流行病学调查的理想工具。

3.2 高原地区军人KOA高患病率及相关危险因素分析 流行病学调查显示, 美军现役军人原发性和继发性KOA发病率分别为1.14例/1000人年和0.13例/1000人年, 且呈逐年增高的趋势^[20]。2022年美国疾病控制和预防中心(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)报告超过35%的退伍军人患有KOA^[21]。因此, 无论现役还是退伍的美国军人KOA患病率均较高。本研究发现, 我国高原地区军人

KOA 的患病率为 17.9%，远高于约 8.1% 的症状性 KOA 患病率^[22]，其原因可能与高原、高寒环境下的训练有关。本研究还发现，高原地区军人 KOA 患病率随年龄增长而增高，二元多因素 logistic 回归分析发现每增加一个年龄段(8 岁)，KOA 的患病率增加 0.382 倍。值得注意的是，KOA 有年轻化的趋势，2018 年美国健康访谈调查的数据显示，美国约有 1400 万人患有症状性 KOA，其中超过 50% 的 KOA 患者年龄 <65 岁^[23]。文献报道，导致 KOA 年轻化的原因可能与长期暴露于危险因素(女性、超重/肥胖、吸烟、低学历、膝关节外伤史、膝关节严重负荷、高海拔及高寒恶劣环境等)有关^[23-24]，与本研究结果基本一致。但本研究中男、女军人 KOA 的患病率差异无统计学意义($\chi^2=0.503$, $P>0.05$)，可能与调查对象中女性样本量小以及男女训练强度和训练环境的差异有关。一般而言，受教育程度较高可能有助于 KOA 早期的自我管理，而低学历人群经常参加高强度的体力劳动或 KOA 健康知识接触不多^[25]。但本研究结果显示，文化程度与 KOA 的发生风险并无明显关联($\chi^2=4.078$, $P>0.05$)，可能与本调查对象主要是大专学历以及人群样本有关，未来可扩大调查人群的学历范围加以验证。

众所周知，BMI 越高膝关节承受的机械应力越大，当超出其生理负荷时关节软骨易出现磨损。本研究结果显示，超重/肥胖与 KOA 的患病率密切相关，与 Jansen 等^[26]的一项多中心随机对照研究结果一致。Jansen 等^[26]发现，对于高肥胖率的美国人群而言，发生症状性 KOA 的人群归因风险百分比达到了 50%。此外，超重/肥胖还可导致机体代谢应激，从而引起脂肪细胞因子水平升高和相关的促炎反应^[27]。吸烟与 KOA 发生风险之间的关系仍存在争议。隋聪等^[28]发现，烟草诱导产生的氧化自由基可导致软骨细胞基因突变，加速软骨细胞的衰老和凋亡，从而引起 KOA。本研究结果也证实了吸烟是高原地区军人发生 KOA 的独立危险因素。部队中不同军兵种的训练强度、训练项目有所不同。本研究二元多因素 logistic 回归分析显示，以陆军作为参考时，仅武警发生 KOA 的风险增加，是陆军的 3.308 倍，而空军发生 KOA 的风险是陆军的 0.259 倍，火箭军、战略支援部队发生 KOA 的风险与陆军无明显差异($P>0.05$)。因此，本次调研的军兵种中，武警发生 KOA 的风险最高，空军最低，这可能与军种任务特性及力学负荷差异有关，武警因反恐救援等任务需频繁进行急停、跳跃等高冲击动作，膝关节承受重复性剪切力，会使软骨磨损；而空军作业环境稳定(飞行/地面训练)，膝关节承受的机械应力较少，KOA 风险较低^[20]。不同军兵种 KOA 患病率的差异可

为高原地区军人 KOA 预防及管理提供参考。Showery 等^[20]将高级军衔和服役年限确定为军人发生 KOA 的危险因素，发现军衔等级和服役年限与发生 KOA 的风险呈正相关。军衔越高、服役年限越长，膝关节因军事训练所致的磨损与损伤越大。本研究发现，军衔每升高一个级别，KOA 患病率增加 0.485 倍，且服役年限越长，KOA 患病率也越高，当服役年限 >5 年时，发生 KOA 的风险最高，是服役年限 ≤1 年者的 13.629 倍。因此，建议对于长期服役的军人，应适当降低训练强度，以更好地预防 KOA 的发生。

高海拔地区具有高寒缺氧的环境特点^[8]。高寒导致机体产热代偿性增加，加速氧的消耗，同时低氧环境使关节软骨缺乏营养供给，致使关节损伤后愈合困难^[29]。张宇等^[5]调查了 488 名高原(海拔高度 3000~4000 m)驻训官兵，发现其中 39.46% 发生训练伤，主要损伤部位为膝关节和腰部。此外，长期处于高寒环境下，可降低关节软骨的免疫及新陈代谢能力，严重时可导致关节畸形甚至功能丧失^[30]。本研究结果显示，地区海拔高、年平均气温低是军人发生 KOA 的独立危险因素，且海拔高度越高，环境越寒冷，KOA 的患病率越高。目前极少有文献报道高原地区军人 KOA 的流行病学特征及相关危险因素，因此，如何在高原地区进行科学训练、规避危险因素是亟须解决的问题。每天的训练时间和训练强度是评判是否科学训练的两个重要指标。本研究二元多因素 logistic 回归分析显示，每天训练 5~7 h 的军人发生 KOA 的风险最高，是每天训练 ≤1 h 者的 10.785 倍；KOA 患病率随训练时间的延长呈上升趋势，但多因素分析发现，训练时长 5~7 h/d 者发生 KOA 的风险是训练时长 ≤1 h/d 者的 10.785 倍，而 >7 h/d 者是 ≤1 h/d 者的 9.696 倍，因此，训练时间 5~7 h/d 与 >7 h/d 者发生 KOA 的风险基本一致，甚至每天训练 5~7 h 者更高，这可能与其他危险因素变量的纳入有关。另外，对于所处海拔较高的部队，训练时间应适当缩短，以降低发生 KOA 的风险。训练强度也是军人发生 KOA 的主要影响因素之一。杨娜等^[31]发现，高强度训练、高工作强度是 KOA 的独立危险因素，与本研究结果一致，即训练强度越大，膝关节超负荷越明显，发生 KOA 的风险越高。因此，规划好每天的训练时间和训练强度可有效降低高原地区军人 KOA 的发生风险。

本研究结果显示，既往有膝关节外伤史的军人发生 KOA 的风险是无膝关节外伤史者的 2.768 倍。Cameron 等^[32]的系统回顾也发现暴露于膝关节损伤危险因素的军人 KOA 患病率是未暴露组的 2.93 倍。军人的 KOA 以创伤后的继发性 KOA 最为常见，创伤后关节炎(post-traumatic osteoarthritis, PTOA)是关节

内损伤的后遗症,可导致关节软骨的结构改变。骨折发生时,软骨细胞死亡首先出现在骨折边缘,并随着损伤区域的扩大逐渐向周围扩散^[33]。鉴于军事任务对军人身体素质的严苛要求,推测军人在执行任务的过程中,除可能因行动任务而遭受创伤外,其膝关节还会因频繁的屈伸动作、重物搬运与抬举、长时间保持跪姿及过度负重而面临较高的损伤风险。调查显示,创伤性膝关节损伤的军人早期有9.6%可发展为PTOA^[34],与本研究结果一致,即膝关节外伤史是KOA的独立危险因素。因此,对有膝关节外伤史的军人早期进行干预是避免发展为PTOA的有效手段。由于高原地区军人主要以轻、中度KOA为主,因此,WOMAC评分量表中的疼痛程度主要表现为轻微疼痛,而僵硬程度与日常活动程度基本不受影响,对于强度训练评分量表而言,做低强度训练基本无困难,而做中、高强度训练有轻微到中等程度的困难。因此,对于患有KOA的军人应尽量避免做高强度的训练,同时,早发现、早治疗对于减缓高原地区军人KOA的发展至关重要。

综上所述,本研究结果显示,年龄大、超重/肥胖、吸烟、军衔高、武警、服役年限长、地区海拔高、年平均气温低、训练时间长、自我感觉训练强度费力及膝关节外伤史是西北高原地区军人KOA的独立危险因素。对于高原地区军人尤其是有膝关节外伤史和长期服役的军人,应制定更加科学合理的训练计划和预防策略。鉴于高原地区军人KOA发病率且医疗负担重,下一步有必要开展更多关于KOA危险因素的研究,以寻找安全、可靠、有效的治疗方法。

【参考文献】

- [1] Dantas LO, Salvini TF, McAlindon TE. Knee osteoarthritis: key treatments and implications for physical therapy[J]. *Braz J Phys Ther*, 2021, 25(2): 135-146.
- [2] Akram AN, Zhang C. Effect of ultrasonication on the yield, functional and physicochemical characteristics of collagen-II from chicken sternal cartilage[J]. *Food Chem*, 2020, 307: 125544.
- [3] 吕慧页,柳柳,马旭,等. 膝关节炎保膝治疗研究进展[J]. *临床军医杂志*, 2024, 52(9): 970-974.
- [4] 孙婧,赵娟,佟长青,等. 高原低氧环境下军事训练对武警新兵微循环功能的影响[J]. *武警医学*, 2015, 26(7): 663-666.
- [5] 张宇,张军,付艳,等. 高原驻训官兵训练伤发生的危险因素分析[J]. *西北国防医学杂志*, 2019, 40(4): 218-221.
- [6] 于伯泉,丁海涛,刘璟,等. 高原与老年膝关节骨性关节炎的相关性研究[J]. *中国老年保健医学*, 2017, 15(6): 15-16, 18.
- [7] 张育珠. 高海拔地区老年性骨性关节炎的冲洗和关节腔注射治疗的临床观察[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2007, 13(5): 318-319.
- [8] Moghimi N, Rahmani K, Delpisheh A, et al. Risk factors of knee osteoarthritis: a case-control study[J]. *Pak J Med Sci*, 2019, 35(3): 636-640.
- [9] Cameron KL, Hsiao MS, Owens BD, et al. Incidence of physician-diagnosed osteoarthritis among active duty United States military service members[J]. *Arthritis Rheum*, 2011, 63(10): 2974-2982.
- [10] Scheuing WJ, Reginato AM, Deeb M, et al. The burden of osteoarthritis: is it a rising problem? [J]. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 2023, 37(2): 101836.
- [11] 单得志,杨显君,殷代文,等. 1992-2018年我国军事训练伤文献计量分析[J]. *西南国防医药*, 2020, 30(8): 751-755.
- [12] 卫振邦,张军,孙金海,等. 某海军陆战队部队军事训练伤相关因素分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(15): 1355-1358.
- [13] 马跃,李丙所,吴海平,等. 飞行学员军事训练伤流行病学调查分析[J]. *海军医学杂志*, 2024, 45(3): 231-235.
- [14] Lovalekar M, Hauret K, Roy T, et al. Musculoskeletal injuries in military personnel-Descriptive epidemiology, risk factor identification, and prevention[J]. *J Sci Med Sport*, 2021, 24(10): 963-969.
- [15] Bruyn GA, Naredo E, Damjanov N, et al. An OMERACT reliability exercise of inflammatory and structural abnormalities in patients with knee osteoarthritis using ultrasound assessment[J]. *Ann Rheum Dis*, 2016, 75(5): 842-846.
- [16] Mahmoudian A, Lohmander LS, Mobasheri A, et al. Early-stage symptomatic osteoarthritis of the knee - time for action[J]. *Nat Rev Rheumatol*, 2021, 17(10): 621-632.
- [17] Huang YP, Zhong J, Chen J, et al. High-frequency ultrasound imaging of tidemark *in vitro* in advanced knee osteoarthritis[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(1): 94-101.
- [18] Kijowski R, Demehri S, Roemer F, et al. Osteoarthritis year in review 2019: imaging[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2020, 28(3): 285-295.
- [19] 刘佳,强群,吕永鑫,等. 高频超声检查在膝骨关节炎软骨损伤的诊断及疗效评价中的有效性分析[J]. *影像研究与医学应用*, 2023, 7(5): 149-151.
- [20] Showery JE, Kusnezov NA, Dunn JC, et al. The rising incidence of degenerative and posttraumatic osteoarthritis of the knee in the United States military[J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(10): 2108-2114.
- [21] Fallon EA, Boring MA, Foster AL, et al. Arthritis prevalence among veterans - United States, 2017-2021[J]. *Morb Mortal Wkly Rep*, 2023, 72(45): 1209-1216. 
- [22] 中华医学会骨科学分会关节外科学组,中国医师协会骨科医师分会骨关节炎学组,湘雅医院国家老年疾病临床医学研究中心,等. 中国骨关节炎诊疗指南(2021年版)[J]. *中华骨科杂志*, 2021, 41(18): 1291-1314.
- [23] Vina ER, Kwok CK. Epidemiology of osteoarthritis: literature update[J]. *Curr Opin Rheumatol*, 2018, 30(2): 160-167.
- [24] 孙鑫,姜本敬,谢露,等. 高海拔地区人群膝关节骨关节炎危险因素的研究进展[J]. *中国骨与关节杂志*, 2023, 12(2): 156-160.
- [25] Cui A, Li H, Wang D, et al. Global, regional prevalence, incidence and risk factors of knee osteoarthritis in population-based studies [J]. *EClinicalMedicine*, 2020, 29-30: 100587.
- [26] Jansen N, Schiphof D, Oei E, et al. Effectiveness and cost-effectiveness of a combined lifestyle intervention compared with usual care for patients with early-stage knee osteoarthritis who are overweight (LITE): protocol for a randomised controlled trial[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(3): e059554.
- [27] Driban JB, Harkey MS, Barbe MF, et al. Risk factors and the natural history of accelerated knee osteoarthritis: a narrative review[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 332.
- [28] 隋聪,刘德宝,潘发明,等. 吸烟与骨关节炎关系研究进展[J].

- 实用医学杂志, 2017, 33(17): 2960-2962.
- [29] Abu OH. Recent biomimetic approaches for articular cartilage tissue engineering and their clinical applications: narrative review of the literature[J]. *Adv Orthop*, 2022, 2022: 8670174.
- [30] 荣杰生, 陶天遵, 陶树清, 等. 高寒地区城市汉族人群膝骨关节炎情况调查[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2007, 13(10): 723-726.
- [31] 杨娜娜, 马翅, 陈铖, 等. 驻某地团级以上军队干部骨关节炎流行病学调查[J/CD]. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2018, 12(2): 217-221.
- [32] Cameron KL, Driban JB, Svoboda SJ. Osteoarthritis and the tactical athlete: a systematic review[J]. *J Athl Train*, 2016, 51(11): 952-961.
- [33] Andersen RC, D'Alleyrand JC, Swiontkowski MF, *et al.* Extremity war injuries VIII: sequelae of combat injuries[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2014, 22(1): 57-62.
- [34] Rhon DI, Perez KG, Eskridge SL. Risk of post-traumatic knee osteoarthritis after knee injury in military service members[J]. *Musculoskeletal Care*, 2019, 17(1): 113-119.

(责任编辑: 纪方方)

