

羽毛球运动中膝关节的损伤及其预防

吴雅彤

天津师范大学体育科学学院, 天津

收稿日期: 2025年9月10日; 录用日期: 2025年10月14日; 发布日期: 2025年10月22日

摘要

羽毛球凭借灵活的场地要求、亲民的参与门槛, 以及健身与社交的双重价值成为全球热门运动, 但因包含大量急停、变向、跳跃落地、屈膝蹬伸等动作, 膝关节作为下肢核心受力关节, 易承受瞬时冲击载荷与扭转力矩, 导致损伤高发, 不仅影响运动员竞技表现与运动寿命, 也对普通爱好者的运动安全构成威胁。本研究运用文献资料法、逻辑分析法及运动生物力学原理, 系统梳理羽毛球运动中膝关节损伤的常见类型, 剖析常见损伤类型的发生机制, 包括急停变向时膝关节内外翻与旋转的复合受力、跳跃落地时缓冲不足引发的冲击过载、长期重复性动作导致的软骨慢性磨损, 以及技术动作不规范如击球时躯干侧倾过度、落地腿膝关节内扣、肌肉力量失衡、热身不足等关键影响因素。从内在与外在维度识别风险因素后, 从运动训练、装备选择、康复防护三个维度提出针对性预防策略, 优化技术动作以减少膝关节异常受力, 强化下肢肌群力量与协调性训练以提升关节稳定性, 选用适配的专业装备来降低冲击风险, 同时建立科学的热身与放松流程、定期进行膝关节功能评估。研究旨在明确羽毛球运动中膝关节损伤的关键诱因, 为运动员、教练员及爱好者提供科学的损伤预防方案, 助力降低膝关节损伤发生率, 保障羽毛球运动的健康开展。

关键词

羽毛球, 膝关节损伤, 损伤机制, 风险因素, 预防策略

Knee Injuries and Their Prevention in Badminton

Yatong Wu

School of Sports Science, Tianjin Normal University, Tianjin

Received: September 10, 2025; accepted: October 14, 2025; published: October 22, 2025

Abstract

Badminton has become a globally popular sport due to its flexible venue requirements, accessible

文章引用: 吴雅彤. 羽毛球运动中膝关节的损伤及其预防[J]. 体育科学进展, 2025, 13(5): 780-787.

DOI: 10.12677/aps.2025.135107

participation threshold, and dual values of fitness and social interaction. However, as it involves a large number of movements such as sudden stops, direction changes, jumping and landing, and knee-bending and pushing extensions, the knee joint—acting as the core weight-bearing joint of the lower limbs—is prone to bearing instantaneous impact loads and torsional moments, leading to a high incidence of injuries. This not only affects athletes' competitive performance and sports careers but also poses a threat to the sports safety of ordinary enthusiasts. By adopting the methods of literature review, logical analysis, and the principles of sports biomechanics, this study systematically sorts out the common types of knee injuries in badminton and analyzes the mechanisms of these common injuries. These mechanisms include the combined forces of knee varus/valgus and rotation during sudden stops and direction changes, impact overload caused by insufficient buffering during jumping and landing, chronic cartilage wear due to long-term repetitive movements, as well as key influencing factors such as irregular technical movements (e.g., excessive trunk tilt during shot execution, knee varus of the landing leg), muscle strength imbalance, and inadequate warm-up. After identifying risk factors from both internal and external dimensions, targeted prevention strategies are proposed from three dimensions: sports training, equipment selection, and rehabilitation protection. These strategies include optimizing technical movements to reduce abnormal stress on the knee joint, strengthening the strength and coordination training of lower limb muscle groups to improve joint stability, selecting suitable professional equipment to reduce impact risks, and establishing a scientific warm-up and relaxation process, as well as conducting regular knee joint function assessments. The purpose of this study is to clarify the key causes of knee injuries in badminton, provide a scientific injury prevention plan for athletes, coaches, and enthusiasts, help reduce the incidence of knee injuries, and ensure the healthy development of badminton.

Keywords

Badminton, Knee Joint Injury, Injury Mechanism, Risk Factor, Prevention Strategy

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. 引言

羽毛球运动因场地灵活、竞技有趣且社交属性突出，已跻身全球参与度最高的运动项目之列。

据《2024 年中国羽毛球运动发展报告》显示，我国现在有超过 4.3 亿羽毛球爱好者，其中每周运动 3 次以上的核心人群占比为 28%。不过，羽毛球运动中的后场击球蹬转落地、网前跨步屈膝缓冲、多方向变向跑等动作，会使膝关节长期处于“扭转剪切力 + 垂直冲击力”的复合负荷作用下，单脚落地时地面反作用力可达体重的 3~5 倍[1]，急停转体时膝关节内翻、外翻力矩峰值较常规运动高 40%以上[2]，因此降低运动损伤发生率的需求十分迫切。

根据流行病学研究显示，下肢是羽毛球运动损伤的高发部位，占总损伤的 58%~76%，其中膝关节损伤在下肢损伤中占比 35%~50%。Phomsoupha 等[3]对 21 名专业羽毛球运动员的追踪研究显示，后场击球落地阶段膝关节损伤发生率最高，被动反手区正手被动挑球造成前交叉韧带(ACL)损伤的风险是主动击球的 2.8 倍。此外，业余爱好者因技术不规范、体能不足，膝关节损伤率比专业运动员高 1.6 倍[4]。

羽毛球后场击球技术的发力是一种由下肢蹬地启动，将力量由下至上、环环相扣传导至上肢关节，最终汇聚于球拍，在击球一瞬间完成鞭打发力。下肢作为整个技术动作的发力近端，在力量传导中占据关键地位，下肢的稳定性直接影响技术完成的实效性。作为人体承重与运动的关键节点，膝关节在下肢功

能系统中占据核心地位,兼具结构复杂性与运动枢纽双重属性。其解剖构造包含股骨下端、胫骨上端、髌骨及周边软组织,其中交叉韧带、侧副韧带与半月板等结构相互配合,形成稳定灵活的动态平衡体系,不仅为人体提供行走、跑跳等基本运动能力,更保障复杂下肢运动中关节的稳固性与协调性[5]。一旦发生损伤,轻则引发疼痛、肿胀,导致运动能力下降,影响日常行走,重则可能造成膝关节长期功能障碍。因此,系统分析羽毛球运动中膝关节损伤的类型与机制,识别关键风险因素并提出科学预防策略,对保护运动人群健康、促进羽毛球运动可持续发展具有重要的理论与实践意义。

本研究通过系统文献检索获取羽毛球运动膝关节损伤相关研究资料,检索数据库涵盖中文与英文两大类,其中中文数据库包括中国知网(CNKI)、维普期刊、万方等平台,英文数据库以 PubMed 为主,结合研究核心内容将中文关键词确定为“羽毛球”“膝关节损伤”“预防”“运动生物力学”“流行病学”,英文关键词将关键词设定为“badminton”“knee joint injury”“prevention”“sports biomechanics”“epidemiology”,通过关键词精准匹配提升文献检索针对性;文献筛选遵循明确标准,纳入标准为与羽毛球运动膝关节损伤相关的研究原著、综述、病例报告等文献,且研究内容需涉及损伤原因、机制、预防措施等核心维度,文献发表时间不限但优先选取近年成果以保障时效性与科学性,排除标准为主题不相关、重复发表及研究方法不科学、数据不完整的低质量文献。经上述检索流程,共初步检索到相关文献 446 篇,经严格筛选后最终纳入 134 篇有效文献,为本文研究提供了坚实的理论支撑与数据依据。

2. 羽毛球运动中膝关节的解剖生理基础

2.1. 膝关节的解剖结构与功能

膝关节由股骨远端、胫骨近端、髌骨及韧带、半月板、滑膜、肌肉等周围软组织共同构成,作为人体唯一承受纵向负荷与横向扭转力的复合关节,其结构特点使其在羽毛球运动中发挥核心作用。膝关节的正常功能发挥依靠多方面的协同作用,股骨髁与胫骨平台形成的屈伸关节负责膝关节 $0^{\circ}\sim 135^{\circ}$ 的屈伸动作,而髌骨与股骨滑车构成的髌股关节则通过髌骨滑动减少股四头肌发力负担、提升屈伸效率,有研究显示[6],羽毛球挥拍击球时,髌骨正常滑动能使股四头肌力量传导效率提升 30%,同时,前交叉韧带(ACL)能够有效限制胫骨前移与膝关节过度内旋,后交叉韧带(PCL)可以限制胫骨后移,内侧副韧带(MCL)、外侧副韧带(LCL)分别抵抗外翻力与内翻力,同时半月板还能以缓冲垂直冲击力,吸收运动中 60% 以上的震荡能量[7],使膝关节在羽毛球运动中得以稳定运转与减少运动损伤。在羽毛球运动中有大量的急停转体动作,此时 ACL 与半月板因共同承受扭转剪切力,成为损伤高发部位。股四头肌、腘绳肌等膝关节周围肌肉群构成稳定的动力系统,其中股四头肌尤其是股内侧肌 VMO 可控制髌骨轨迹,避免髌股关节软骨磨损,腘绳肌与股四头肌形成拮抗平衡,通过肌力协同减少膝关节内翻/外翻力矩[8],羽毛球跳跃落地时,股四头肌的离心收缩能缓冲 70% 的地面反作用力,若肌力不足,易导致膝关节负荷超限。

2.2. 羽毛球运动中膝关节的生物力学特征

羽毛球运动中膝关节作为下肢核心关节,膝关节的骨性结构为运动提供基础。由股骨髁与胫骨平台构成的屈伸关节主导 $0^{\circ}\sim 135^{\circ}$ 的屈伸动作,髌骨与股骨滑车形成的髌股关节则通过髌骨滑动将股四头肌力量传导效率提升 30% [9],这一结构优势保障了后场击球蹬转、网前跨步等动作中膝关节的灵活调整与发力效率。而在实际动作执行中,后场击球蹬转落地、多方向急停变向等场景,使膝关节需持续应对垂直冲击力和扭转剪切力的复合载荷,单脚落地时地面反作用力可达体重的 3~5 倍,急停转体时膝关节内翻、外翻力矩峰值较常规运动高 40% 以上[10],高频次、高负荷的复杂受力对关节稳定性提出严苛要求。此时,膝关节软组织体系发挥关键平衡作用,前交叉韧带(ACL)限制胫骨前移及膝关节过度内旋,后交叉韧带(PCL)约束胫骨后移,内侧副韧带(MCL)、外侧副韧带(LCL)分别抵抗外翻与内翻力,半月板更能吸收运

动中 60%以上的震荡能量[11],各结构协同维持关节受力平衡,却也因长期承受复杂载荷成为羽毛球运动中的损伤高发部位。

3. 羽毛球运动中膝关节常见损伤类型及发生机制

3.1. 前交叉韧带(ACL)损伤

在羽毛球运动中,前交叉韧带损伤是膝关节损伤中较为严重的类型之一, 占所有膝关节韧带损伤的 40%~50%。根据仇嘉宇等人[11]的研究数据,这类损伤中 80%属于非接触性损伤。此类损伤的发生往往与特定的运动场景密切相关,主要包含三种典型情况:第一种是后场被动击球后的落地瞬间。例如,运动员在反手区域完成正手被动挑球动作后,身体容易失去平衡,导致单脚落地时膝关节内扣,同时伴随胫骨过度内旋。这种不当的身体姿态极易引发前交叉韧带损伤;第二种情况出现在网前急停转体环节。当运动员接对方的快速杀球时,膝关节通常处于屈曲 30°~45°的“不稳定位置”。此时突然转体,会使前交叉韧带承受超过其 180 N 耐受阈值的扭转剪切力,一旦超出韧带的耐受极限,就会造成损伤;第三种情况是跳跃后落地不当所致。例如,运动员完成杀球动作落地时,若出现重心偏移,且膝关节未能充分屈曲以缓冲冲击,地面反作用力会直接传递至前交叉韧带,最终导致韧带纤维撕裂。

前交叉韧带的主要作用是对胫骨前移和膝关节过度内旋起到限制作用,当运动员进行急停转体动作时,股骨会相对胫骨发生外旋,这会导致 ACL 的前内束与后外束受力不均衡,前内束需要承受胫骨前移产生的力量,后外束则要承受扭转带来的力量,若这两部分力量形成的合力超过 ACL 约 2200 N 的最大抗拉力,就会造成韧带撕裂[12]。当运动员核心肌群力量不足时,躯干容易出现过度侧倾的情况,在落地瞬间骨盆会向支撑腿方向倾斜,进而导致膝关节以代偿性内翻的姿态受力,此时 ACL 需要额外抵抗内翻力矩,长期反复承受这样的负荷,便容易引发韧带慢性损伤[13]。此外,Phomsoupha 等学者的研究[3]还发现,在羽毛球运动员的 ACL 损伤案例中,有 73%发生在被动击球落地阶段,且女性运动员由于自身骨盆较宽、膝关节 Q 角平均为 18°,而男性运动员平均仅为 12°,其 ACL 损伤风险达到了男性运动员的 2.3 倍。

3.2. 半月板损伤

半月板是膝关节内重要的纤维软骨结构,由 C 形的内侧半月板(medial meniscus)和 O 形的外侧半月板(lateral meniscus)组成。其主要功能包括在运动过程中缓冲冲击、增强膝关节稳定性,以及将关节承受的负荷均匀分配。在羽毛球运动中,半月板损伤占膝关节总损伤的 25%~30%,这类损伤主要以慢性磨损或急性挤压的形式发生[14],具体可在三种典型场景中体现:第一种是在后场击球时蹬转身体的过程中,膝关节处于弯曲旋转状态,半月板被股骨髁与胫骨平台挤压;若旋转速度过快,半月板来不及随之滑动,就容易导致边缘撕裂。第二种是在网前跨步救球时,膝关节往往会出现超过 90°的过度弯曲,此时半月板后角会卡在股骨与胫骨之间,后续膝关节突然伸直的动作会造成半月板后角磨损。第三种是长期反复负荷引发的损伤,尤其常见于羽毛球爱好者群体;若长期保持膝关节内扣的姿势击球,半月板会持续承受异常挤压,进而导致退行性撕裂。

在羽毛球运动中,运动员跳跃落地瞬间,若膝关节屈曲角度不足,地面反作用力会直接作用于半月板。由此,半月板承受的压力会超出 1500 N 的缓冲能力,进而导致半月板纤维破裂。至于半月板剪切损伤,这类损伤主要发生在急停转体动作中:此时半月板会与胫骨同步旋转,而股骨髁则处于相对固定的状态。这种运动幅度上的差异会造成半月板内外侧受力失衡,最终引发纵向撕裂。由于内侧半月板与内侧副韧带,其活动幅度较小,因此损伤发生率是外侧半月板的 2 倍[15]。此外,慢性磨损也不容忽视,当运动员频繁在后场完成长而高的高远球击球动作时,半月板会与关节面产生反复摩擦,这会逐渐降低半

月板的弹性。这种情况长期累积,最终会导致退行性损伤。

3.3. 内侧副韧带(MCL)损伤

内侧副韧带(MCL)位于膝关节内侧,其主要功能是抵抗膝关节所受的外翻力,在羽毛球运动中,该韧带损伤多由“膝关节过度外翻”引发,占膝关节韧带损伤的 20%~25% [8],实际运动中,当运动员向外侧跨步,若出现球路偏离预期导致身体向外侧倾倒的情况,膝关节会突然受到外翻力作用,进而可能引发 MCL 损伤;运动员在后场击球蹬转发力时若出现重心偏移,膝关节内侧会承受超过 MCL 承受阈值(2000 N)的外翻力,超出韧带耐受范围便会引发损伤。内侧副韧带由浅层与深层两部分构成,其中浅层韧带是膝关节抵抗外翻力的主要结构,其损伤机制在羽毛球运动中主要分为急性撕裂与慢性劳损两类。从急性撕裂来看,当运动中突然向外侧跨步救球时身体意外倾倒,会使 MCL 浅层纤维被过度拉伸直至断裂,情况严重时还会伴随深层韧带的损伤;而慢性劳损则多由长期反复的不当动作引发,比如运动员在被动击球时采用膝关节内扣的代偿姿势,这类动作会让 MCL 长期处于持续牵拉的状态,导致韧带纤维逐渐发生退变,长期累积后最终会引发慢性疼痛[16]。

4. 羽毛球运动中膝关节损伤的风险因素

4.1. 内在风险因素

内在风险因素主要指运动者自身的生理特征、体能水平与功能状态,这类因素是诱发膝关节损伤的核心诱因,具体可从以下两方面展开分析。

4.1.1. 年龄与性别

不同年龄段人群的膝关节损伤风险差异明显,青少年因膝关节骨骺尚未完全闭合,前交叉韧带与半月板的抗负荷能力较弱,损伤风险为成年人的 1.8 倍;中老年群体则受关节软骨自然退变、肌肉量每年 1%~2%流失的影响,半月板慢性损伤发生率大幅上升。女性膝关节损伤风险比男性更高,尤其在前交叉韧带损伤上,因体内雌激素会降低韧带弹性,且女性存在骨盆更宽、膝关节 Q 角更大的解剖结构差异,加之腘绳肌肌力比男性低 20%,其 ACL 损伤风险达男性的 2.3 倍[17]。

4.1.2. 肌力失衡与关节稳定性

诱发膝关节损伤的核心内在因素,在于肌力失衡与关节稳定性不足。通常,股四头肌与腘绳肌的肌力比(Q:H)应维持在 1:2,若该比值大于 1.5,表明腘绳肌肌力不够,不能有效限制胫骨前移,会显著增加 ACL 损伤风险;当股内侧肌(VMO)与股外侧肌(VL)肌力比小于 0.6 时,则易导致髌骨运动轨迹偏移,进而引发髌股疼痛综合征(PFPS) [16]。若腹斜肌、腰方肌等核心肌群肌力薄弱,运动中躯干易出现过度侧倾或前倾,落地瞬间膝关节需靠代偿性内翻或内旋保持平衡,这种代偿行为会加重韧带与半月板负荷,长期累积易诱发损伤[18]。

4.1.3. 解剖结构异常

运动者自身解剖结构的异常状况,同样会明显加大膝关节损伤的风险。作为评估膝关节受力的关键指标,膝关节 Q 角若出现女性超过 18°、男性超过 15°的情况,会使膝关节在运动中大概率处于内翻状态,进而提高内侧副韧带(MCL)与前交叉韧带(ACL)受损的几率。另外,髌骨发育异常,不管是形态异常还是位置异常,都会导致髌股关节受力不平衡,长期如此便容易诱发髌股疼痛综合征(PFPS)。

4.2. 外在风险因素

4.2.1. 技术动作不规范

在羽毛球运动中,技术动作不规范极易引发损伤,下肢作为身体发力与支撑的核心,在步伐移动、

击球落地及蹬转发力等关键环节都极易造成损伤。

不规范的落地与跨步动作时,若因为急于抢点,常以脚尖直接着地,而非正确的脚跟外后侧先触地逐步过渡至脚掌,会使踝关节在落地瞬间承受全身重量的冲击[19],加上肌肉来不及缓冲,易导致踝关节外侧韧带拉伤。同时,在击打网前球动作中,若膝盖过度前移超过脚尖,会使膝关节处于超伸代偿状态,此时胫骨与股骨间的压力集中在半月板前角,同时内侧副韧带被过度牵拉,长期如此易造成半月板磨损、内侧副韧带慢性损伤。

击球落地时的不规范动作,会导致垂直地面反作用力直接传导至膝关节,使膝关节内交叉韧带需承受远超正常范围的张力,前交叉韧带尤其容易因胫骨前移过度而撕裂,落地时身体重心偏向一侧,下肢膝关节出现内翻、髌关节内旋,这种姿态会使膝关节内侧间隙压力骤增,不仅可能拉伤内侧副韧带,还会让半月板在股骨与胫骨间被挤压碾磨,增加半月板撕裂的概率。

蹬转发力的不规范则易引发髌关节与小腿损伤。正手击球时,若下肢蹬转发力的不规范,直接以腰部代偿发力,会导致髌关节处于被动外展状态[20],此时臀中肌需持续紧张以维持平衡,长期错误易引发臀中肌劳损,髌关节外侧疼痛。

4.2.2. 训练管理不当

不当的训练管理同样是诱发膝关节损伤的重要因素。若热身不充分、放松不到位,热身不足会导致肌肉激活效果不佳、反应速度减慢,落地瞬间难以及时缓冲冲击力;运动后不进行放松则会造成肌肉紧绷,使膝关节周围血液循环受阻,慢性损伤风险随之上升。训练负荷安排不合理,如过度训练或负荷突然变化,会让膝关节承受过度疲劳,修复能力也随之减弱。此外,康复干预不及时的问题同样关键,早期关节出现不适若未得到妥善处理,长期积累易引发慢性损伤,罗滨[21]的研究显示,70%的慢性膝关节损伤由急性损伤后未规范康复所致。

5. 羽毛球运动中膝关节损伤的预防策略

5.1. 规范动作,减少代偿负荷

技术优化是预防膝关节损伤的核心手段,需结合羽毛球运动的生物力学特征纠正错误动作,构建高效发力且低负荷的技术模式。羽毛球下肢动作代偿多出现在网前弓步时膝关节过度内扣、重心偏移至足内侧;后场跳杀落地时踝关节过度跖屈内翻,或侧向移动时依赖膝关节扭转而非髌部主导发力。

后场击球蹬转发力需遵循由下至上的力量传递逻辑,借助腹斜肌、竖脊肌等核心肌群的旋转将下肢力量转化为挥拍动能,避免过度依赖膝关节发力以减少扭转力,同时正手后场击球点应选在身体侧前方最高点,头顶位击球通过转体调整位置,避免因膝关节过度屈曲或躯干侧屈增加额外负担;被动击球技术层面,反手区来球需优先将击球点调整至正手区以规避代偿动作,被动击球时减少大幅挥拍以防膝关节失衡,同时保持核心肌群紧张,通过稳定骨盆避免躯干过度侧倾,从而减少膝关节的代偿压力[22]。

从生物力学原理看,正常动作中下肢通过髌、膝、踝协同发力,借助肌肉“拉长-缩短”循环实现力的高效传递与缓冲。当目标肌群如臀大肌、股四头肌、腓骨长肌等力量不足或激活延迟时,代偿动作会打破关节正常受力轨迹,膝关节内扣使内侧半月板、髌股关节承受额外剪切力与压力;踝关节异常跖屈内翻导致距腓前韧带等软组织牵拉负荷超限[23];落地时脚尖先着地则让冲击力无法通过下肢肌群分级缓冲,直接传导至关节软骨与韧带,长期反复会引发肌腱炎、韧带损伤或软骨磨损。

5.2. 加强体能训练,提升神经肌肉控制

体能训练是预防膝关节损伤的基础,通过增强膝关节周围肌群力量、改善核心稳定性与平衡能力,提升膝关节的抗负荷能力与动态稳定性。

5.2.1. 核心爆发力与转体效率训练

a) 药球旋转抛接: 双脚与肩同宽, 手持药球(男 3~5 kg, 女 2~3 kg)置于体侧, 模拟击球转体动作向侧方抛球, 接回后重复, 3 组 × 15 次/侧。通过抗阻旋转强化核心肌群, 提升击球时躯干转体的力量传递效率。

b) 弹力带转体拉: 将弹力带固定于侧方, 双手握带置于胸前, 向对侧缓慢转体至极限后复位, 3 组 × 12 次/侧。精准激活腹斜肌等核心深层肌群, 优化击球动作的生物力学链条。

5.2.2. 下肢支撑与爆发训练

a) 负重弓步蹲: 双手持哑铃置于肩侧, 向前迈弓步至膝关节 90°, 缓慢起身复位, 3 组 × 12 次/腿。增强股四头肌、臀大肌力量, 提升网前弓步动作的下肢支撑稳定性。

b) 连续纵跳摸高: 原地连续纵跳并触摸上方固定目标, 强调快速蹬地与落地缓冲, 3 组 × 15 次。提升下肢肌肉“拉长-缩短”循环效率, 匹配跳杀时的爆发性蹬地需求。

5.2.3. 关节稳定性与本体感觉训练

a) 单腿平衡球支撑: 单腿站立于平衡球上, 双手侧平举保持平衡, 3 组 × 25 秒/腿。强化踝关节、膝关节本体感觉, 降低跳杀落地时的失衡风险。

b) 侧方跳栏架: 放置一排低栏架(间距 50 cm), 双脚交替侧向跳越, 3 组 × 20 次。提升下肢侧向移动时的关节控制能力, 减少网前变向时的韧带损伤可能。

5.3. 装备与场地改进: 优化环境, 降低外部负荷

合理的装备选择与场地改进可有效减少膝关节的外部负荷, 降低损伤风险, 要优化装备场地并做好康复监测: 选高防滑、强缓震的专业羽毛球鞋, 业余者用 4U~5U 球拍(线张力 24~26 磅), 优先塑胶场地; 运动中出现膝痛、肿胀需立即停训, 急性损伤用 RICE 原则处理, 日常以心率与 RPE 评分控强度, 每 3 个月评估肌力平衡, 运动后拉伸放松, 慢性疲劳时热敷, 避免损伤恶化[22]。

合理的装备选择与场地改进是减少膝关节外部负荷的基础, 应选用高防滑、强缓震的专业羽毛球鞋, 降低落地冲击; 业余爱好者建议使用 4U~5U 轻量化球拍(线张力控制在 24~26 磅), 减少挥拍发力时对下肢的代偿压力; 场地优先选择塑胶材质, 通过地面弹性缓冲冲击力。

康复监测需贯穿运动全程, 运动中若出现膝关节疼痛(参照视觉模拟疼痛评分量表 VAS)、肿胀, 应立即停止训练, 急性损伤按 RICE 原则处理; 日常训练强度可结合 RPE 量表与心率双重调控; 运动后需针对性拉伸下肢肌群, 缓解肌肉紧张; 出现慢性疲劳时可热敷膝关节, 促进局部血液循环, 避免损伤恶化。

6. 结论

羽毛球运动以其快速启停、频繁蹬转、跳跃落地及多方向变向的专项动作特征, 使膝关节始终处于复杂的力学负荷环境中, 成为运动损伤的高发部位。深入剖析损伤发生的内在逻辑可知, 羽毛球运动中膝关节损伤并非单一因素作用的结果, 而是生物力学风险、人群生理差异、训练管理缺陷及技术动作不规范等多维度因素叠加共振的产物。从损伤类型来看, 前交叉韧带(ACL)损伤、半月板损伤与髌股疼痛综合征(PFPS)构成了最主要的三类损伤, 且不同年龄、性别群体因生理基础与运动能力的差异, 损伤风险呈现出显著分异特征。青少年因骨骺未闭合、抗负荷能力弱, ACL 与半月板损伤风险为成年人的 1.8 倍; 中老年受关节退变与肌肉流失影响, 慢性损伤占比攀升; 女性则因激素水平、解剖结构及肌力特征, ACL 损伤风险达男性的 2.3 倍, 这些差异进一步加剧了膝关节损伤的复杂性与多样性。

当前羽毛球运动下肢损伤预防研究正从定性分析转向定量研究, 未来可借助运动生物力学监测技术深化探索。一方面可以通过 Vicon 等动作捕捉系统, 精准测量高危动作里膝关节的屈曲角度、内旋力矩、外翻角度等运动学参数, 搭配 Novel Pedar-X 等压力传感鞋垫实时掌握落地时地面反作用力(GRF)的分布

情况,进而构建出膝关节损伤风险的量化评估模型;另一方面利用有限元分析技术,模拟不同技术动作对半月板、前交叉韧带(ACL)、软骨的应力影响,为优化技术动作提供更精准的力学支撑。这些技术的运用,将精准化防护羽毛球膝关节损伤预防,提升预防策略的科学性与有效性,最终为羽毛球运动参与者打造更安全的运动环境,保障其运动安全与长期运动寿命,助力羽毛球运动朝着健康、可持续发展的方向。

参考文献

- [1] 崔丹尧,白杨.羽毛球运动中常见的关节损伤与训练方法[J].文体用品与科技,2022(12):55-57.
- [2] 赵曼曼.羽毛球运动膝关节损伤的预防与训练方法[J].体育风尚,2020(10):26-27.
- [3] Phomsoupha, M. and Laffaye, G. (2020) Injuries in Badminton: A Review. *Science & Sports*, **35**, 189-199. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.01.002>
- [4] 刘兰财,梁永杰,张英平,等.女子羽毛球运动员后场击球后不同场区单脚落地的生物力学差异——基于三维加速度计的分析[J].天津体育学院学报,2020,35(1):36-41.
- [5] Guermont, H., Le Van, P., Marcelli, C., Reboursière, E. and Drigny, J. (2021) Epidemiology of Injuries in Elite Badminton Players: A Prospective Study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, **31**, e473-e475. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000848>
- [6] Welsch, R.E. (1980) Regression Sensitivity Analysis and Bounded-Influence Estimation. In: Kmenta, J. and Ramsey, J.B., Eds., *Evaluation of Econometric Models*, Academic Press, 153-167. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416550-2.50012-1>
- [7] 李瑞锡,陈尔瑜.半月板的纤维构筑及其与损伤的关系[J].中国临床解剖学杂志,1991(4):196-198+253.
- [8] Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., et al. (2020) Clinical Features of Patients Infected with 2019 Novel Coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*, **395**, 497-506. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30183-5)
- [9] 郑娜,杨坤,蒋毅.基于解剖学与生物力学原理分析羽毛球运动中的膝关节损伤原因及预防措施[J].体育科技文献通报,2022,30(8):266-270.
- [10] 王超.羽毛球正手后场侧向蹬跨步下肢关节生物力学特征分析[D]:[硕士学位论文].西安:西安体育学院,2023.
- [11] 贺泽江.羽毛球运动中膝关节运动性损伤的原因与治疗[J].辽宁体育科技,2005(4):25-26.
- [12] 张现超.膝关节内侧副韧带生物力学的有限元分析[D]:[硕士学位论文].石家庄:河北医科大学,2015.
- [13] Lawrence, R.C., Felson, D.T., Helmick, C.G., Arnold, L.M., Choi, H., Deyo, R.A., et al. (2008) Estimates of the Prevalence of Arthritis and Other Rheumatic Conditions in the United States: Part II. *Arthritis & Rheumatism*, **58**, 26-35. <https://doi.org/10.1002/art.23176>
- [14] 王燕鸣.膝关节损伤的生物力学因素分析[J].枣庄师专学报,1995(2):98-99.
- [15] 罗兴华,冯云辉.足球运动中膝关节损伤发生机制和预防[J].医学研究通讯,2004(9):31-32.
- [16] 曾蜀雄,伍国胜,汪方,等.膝关节后外侧结构的形态学及生物力学研究[J].解剖科学进展,2010,16(3):281-284.
- [17] Shultz, S.J., Schmitz, R.J., Benjaminse, A., Collins, M., Ford, K. and Kulas, A.S. (2015) ACL Research Retreat VII: An Update on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factor Identification, Screening, and Prevention. *Journal of Athletic Training*, **50**, 1076-1093. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.10.06>
- [18] 朱传芳,黄强民,彭金凤.核心稳定性训练的理论基础与发展近况[J].中国组织工程研究,2014,18(11):1787-1792.
- [19] 阮振华.羽毛球运动损伤的调查分析和预防措施[J].科学大众(科学教育),2014(8):164.
- [20] 李湘俊,王秀莉.中职生在羽毛球运动中下肢损伤的原因分析及运动建议[J].广东职业技术教育与研究,2011(6):104-105.
- [21] 罗滨.膝关节运动损伤防控的生物力学分析[J].深圳职业技术学院学报,2020,19(3):35-41.
- [22] Hashiguchi, Y., Muro, K., Saito, Y., Ito, Y., Ajioka, Y., Hamaguchi, T., et al. (2020) Japanese Society for Cancer of the Colon and Rectum (JSCCR) Guidelines 2019 for the Treatment of Colorectal Cancer. *International Journal of Clinical Oncology*, **25**, 1-42. <https://doi.org/10.1007/s10147-019-01485-z>
- [23] 郑娜.基于解剖学和生物力学分析足球运动中的踝关节损伤及预防措施[J].体育科技文献通报,2022,30(12):252-255+265.