

# 冬季奥运会与主要冬季项目运动损伤

王佳宁, 敖英芳\*

北京大学第三医院运动医学研究所, 北京 100191

**摘要** 综述了历届冬季奥运会运动损伤流行病学调查研究结果, 归纳了易于发生运动损伤的项目类型、损伤发生率、损伤性质、损伤部位及人群分布特点。就损伤发生率高、在中国受关注程度高、开展广泛的滑雪、速度滑冰和花样滑冰及冰球项目的发展历史及项目特点, 总结了训练比赛中各类损伤的发生率、致伤机制、项目特点, 讨论了以往关注较少的冰雪运动相关头部损伤的研究进展。

**关键词** 冬季奥运会; 冬季运动项目; 运动损伤

冬季奥林匹克运动会(Winter Olympic Games, 简称冬季奥运会或冬奥会)每4年举办一届, 主要以雪上和冰上等冬季运动为比赛项目。第一届冬季奥运会于1924年在法国夏慕尼(Chamonix)举办, 1986年, 国际奥林匹克委员会(International Olympic Committee, IOC)全会决定从1994年起将冬季奥运会和夏季奥运会分开, 每2年间隔举行, 1992年法国阿尔贝维尔第16届冬季奥运会是最后一届与夏季奥运会同年举行的冬季奥运会。与夏季奥林匹克运动会不同, 被取消的1940年及1944年冬季奥运会不计算在届数中。

目前冬季奥运会项目设置主要包含雪上项目和冰上项目两类。雪上项目包括滑雪(越野滑雪、跳台滑雪、北欧两项、高山滑雪、自由式滑雪、单板

滑雪、冬季两项); 冰上项目包括冰球、滑冰(速度滑冰、短道速滑、花样滑冰)、冰壶和雪橇(有舵雪橇/雪车、无舵雪橇)和俯式冰橇/钢架雪车(skeleton)。

## 1 冬季奥运会运动损伤概况

2008年北京夏季奥运会上, IOC启动了与各国国际单项体育联合会(International Sports Federations)和各国奥委会(National Olympic Committee, NOC)共同设立的监测系统, 用以在各类奥林匹克运动会中, 对参赛运动员出现的运动损伤(injury)进行监测和统计。在2010年温哥华冬季奥运会上, 这一系统能够同时监测运动损伤和疾病(illness)的发生情况<sup>[1]</sup>。从此, 对于运动员赛事相关伤

收稿日期: 2020-01-17; 修回日期: 2020-03-08

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFF0301100); 国家自然科学基金项目(31900961)

作者简介: 王佳宁, 主治医师, 研究方向为运动系统急性慢性创伤诊断与治疗, 电子信箱: dricimitus@sina.com; 敖英芳(通信作者), 教授, 研究方向为运动创伤基础与临床, 电子信箱: aoyingfang@163.com

引用格式: 王佳宁, 敖英芳. 冬季奥运会与主要冬季项目运动损伤[J]. 科技导报, 2020, 38(6): 11-24; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.06.002

病的流行病学分析有了更全面可靠的数据基础。在设立系统的同时,IOC明确纳入统计的运动损伤定义及范围:1)肌肉骨骼系统症状或脑震荡;2)新发或再发损伤;3)发生于赛会期间训练或比赛中<sup>[2]</sup>。

基于上述伤病监测系统对于2010年温哥华冬季奥运会中发生的训练及比赛相关损伤进行的统计和汇总,Engebretsen等首次对冬季奥运会相关运动损伤状况进行了全面的流行病学研究和报道<sup>[2]</sup>。在这届冬季奥运会上,2567名运动员共发生287次损伤,总体损伤发生率为11.2/100运动员,女子运动员损伤发生率稍高于男子运动员<sup>[2]</sup>。损伤发生率最高的项目是有舵雪橇(bobsleigh)、冰球(ice hockey)、短道速滑(short track speed skating)、高山滑雪(alpine skiing)、自由式滑雪(freestyle skiing)和单板障碍追逐(snowboard cross);发生率最低的是北欧滑雪项目(冬季两项、越野滑雪、跳台滑雪、北欧两项)、无舵雪橇(luge)、冰壶(curling)、速度滑冰(speed skating)和自由式雪上技巧(freestyle moguls)<sup>[2]</sup>。Soligard等对2014年索契冬季奥运会及2018年平昌冬季奥运会进行了类似的研究,发现损伤发生率分别为14/100运动员和12.6/100运动员<sup>[2-4]</sup>。在2014年索契冬季奥运会中,损伤发生率最高的项目是空中技巧(aerial skiing)、单板坡面障碍(snowboard slopestyle)、单板障碍追逐、自由式坡面障碍(ski slopestyle)、自由式U型场地(ski half-pipe)和自由式雪上技巧,其中坡面障碍(slopestyle)是该届奥运会新设立的比赛项目;损伤发生率最低的项目是北欧两项(Nordic combined)、速度滑冰、冬季两项(biathlon)、跳台滑雪(ski jumping)和越野滑雪(cross-country skiing),女子运动员损伤发生率仍稍高于男子运动员<sup>[3]</sup>。在2018年平昌冬季奥运会中,损伤发生率最高的项目是自由式U型场地、单板障碍追逐、自由式障碍追逐(ski cross)、单板坡面障碍和空中技巧;损伤发生率最低的项目是北欧两项、冬季两项、单板回转(snowboard slalom)、雪上技巧和越野滑雪;男子及女子运动员的损伤发生率无明显差异<sup>[4]</sup>。

在上述3届冬季奥运会发生的运动损伤中,

61%~77%的损伤不会造成运动员缺席训练或比赛(no time loss, NTL),6%~17%会导致运动员缺席训练或比赛1周以上,被定义为严重损伤(severe injury)<sup>[2-4]</sup>。虽然2010年温哥华冬季奥运会上运动员NTL损伤发生率最高(77%),但运动员严重损伤发生率也为3届中最高(17%),同时有1名运动员在无舵雪橇训练中不幸身亡<sup>[2]</sup>。在2014年索契冬季奥运会上,76%的严重损伤发生于高山滑雪、单板及自由式雪上项目中<sup>[3]</sup>,而在2018年平昌冬季奥运会中,单板障碍追逐、自由式障碍追逐、自由式U型场地和单板坡面障碍是运动员严重损伤发生率最高的项目<sup>[4]</sup>。

在所有严重损伤中,韧带扭伤(sprain)/撕裂(rupture)以及骨折发生率最高,并且各类损伤多发生于膝关节。与各类单项系列赛相比,由于冬季奥运会设置项目多,赛会时间短,各单项参加人数相对较少,目前对于特定损伤(如前交叉韧带断裂等)在各届冬季奥运会上各分项的发生率缺乏准确的统计结果。2010年冬季奥运会共有39例膝关节损伤,其中24例发生于高山滑雪、单板及自由式雪上项目,2例发生于北欧滑雪项目,7例发生于冰球,5例发生于滑冰项目,1例发生于雪橇项目;其中包括2例内侧副韧带(medial collateral ligament, MCL)和3例前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤、1例膝关节半脱位(subluxation)<sup>[2]</sup>;2014年冬季奥运会共发生23例膝关节韧带扭伤/撕裂,其中4例发生于冰球项目,其余均发生于高山滑雪、单板及自由式雪上项目,1例膝关节肌腱断裂发生于高山滑雪<sup>[3]</sup>;2018年冬季奥运会共有54例膝关节损伤,其中39例发生于高山滑雪、单板及自由式雪上项目,7例发生于冰球项目,4例发生于滑冰项目。踝关节损伤34例,18例发生于高山滑雪、单板及自由式雪上项目,9例发生于冰球项目,3例发生于滑冰项目<sup>[4]</sup>。总体看,绝大多数项目训练中损伤发生率高于比赛,仅有冰球比赛中损伤发生率高于训练<sup>[2-4]</sup>。

不同国家代表团由于其参赛项目差异等因素,冬季奥运会期间运动损伤发生状况有所不同。Palmer-Green等报道了参加2014年索契冬季奥运

会的英国代表团中,运动损伤发生率达48.2/100运动员,显著高于Soligard等对于该届赛会总体的统计结果14/100运动员<sup>[3,5]</sup>,英国代表团中近50%的损伤发生于单板及自由式雪上项目。Nabhan等对2018年平昌冬季奥运会美国代表团的研究发现,运动损伤发生率最高的项目是冰球,其次是单板及自由式雪上项目<sup>[6]</sup>。

与成年运动员相比,青年奥林匹克冬季运动会中运动员的运动损伤发生率较低,不超过11/100运动员,其原因在于部分项目对参赛年龄的限制和技术动作要求的规定,但与成人赛事相同,单板及自由式雪上项目仍然损伤高发<sup>[7-11]</sup>。Derman等研究发现残疾人冬季奥运会运动员的损伤发生率显著高于健全运动员,由于身体条件限制等因素,肩关节是最常见的受累关节,单板滑雪仍然是损伤发生率最高的项目<sup>[12-13]</sup>。

不难看出,在历届冬季奥运会上损伤发生率最高的项目构成虽因项目设置变化、环境因素(天气、冰雪状况、场地赛道设计)等略有差异,但总体看来,高山滑雪、各类单板及自由式雪上项目和冰球项目损伤高发,特别是严重损伤和膝关节损伤高发<sup>[2-4]</sup>。针对这些高风险项目进行必要的损伤流行病学研究结果总结,能够为即将到来的2022年北京冬季奥运会的运动相关损伤预防和应对提供必要的认识基础和决策依据。

## 2 雪上项目运动损伤

雪上项目是冬季奥运会的重要组成部分,具有悠久的发展历史和广大的参与人群,其中最为大众熟悉和广泛参与的是滑雪运动。目前发现的人类滑雪最早的证据是在俄罗斯境内发现的公元前6000年前制成的硬木滑雪板,最早的壁画记录出现在公元前4000年前的挪威。滑雪(ski)一词最早出现于公元前6000年前的芬兰语,中国最早的滑雪文字记录出现在西汉年间。国际滑雪联合会(International Ski Federation, FIS)是国际奥委会承认的国际单项体育组织,负责世界滑雪锦标赛、世界杯和大洲杯赛以及联合会批准的其他比赛的组

织工作,竞赛运动规则的制定和监督执行。据统计,目前仅高山滑雪运动每年就有来自80个国家的近4亿人次参与<sup>[14]</sup>,在北美每年有7800万人次参与滑雪运动,其中20%是少年儿童<sup>[15]</sup>。中国滑雪运动起步较晚,虽然于2019年参与人次突破了2200万,但比较欧美高水平国家还有较大差距。

滑雪运动是在低摩擦力环境下进行的高速运动,并且依据项目特点需进行腾空、翻转、反复跳跃和转向等高难度技巧动作,对参与人员身体素质和能力要求高,易发生运动损伤。在对历届冬季奥运会运动员损伤的流行病学研究中,高山滑雪、单板及自由式等雪上项目运动损伤发生率处于所有项目前列<sup>[2-4]</sup>,多年来对FIS世界杯(World Cup, WC)赛事的追踪研究也表明,滑雪项目运动损伤发生率高,易于出现严重损伤<sup>[16-25]</sup>。

### 2.1 高山滑雪运动损伤

高山滑雪几乎是世界上无辅助动力运动中速度最快、危险性最高的项目<sup>[26]</sup>,在冬季奥运会的速降(downhill)、回转(slalom)、大回转(giant slalom)、超级大回转(super-G)和混合式滑雪(alpine skiing combined)项目中(FIS世界杯赛事包括前4项)<sup>[27]</sup>,运动员需要沿特定线路在高速滑行的同时进行幅度不同的急转,在0.01 s的差距内决出胜负<sup>[28]</sup>,对于运动员的力量、核心稳定性、爆发力、有氧和无氧耐力、协调控制能力、平衡能力和关节活动度等各项身体素质要求极高<sup>[29]</sup>。基于上述特点,高山滑雪具有损伤发生率高、严重损伤占比高的特点<sup>[30]</sup>。在2010年温哥华冬季奥运会上,高山滑雪是发生运动损伤最多的项目之一,在2014年索契冬季奥运会上,高山滑雪项目中发生的严重损伤占总数的14%,在2018平昌冬季奥运会上,1/3的膝关节损伤发生于高山滑雪赛事中<sup>[2-4]</sup>。

多项针对FIS世界杯赛事相关损伤的研究发现,高山滑雪相关损伤发生率约为1/100次滑行<sup>[28,31]</sup>,或(36.2~36.7)/100运动员<sup>[32]</sup>,其中30%以上为造成缺席训练和比赛28天以上的严重损伤<sup>[16]</sup>,损伤发生率和严重程度均高于冬季奥运会总体情况,也高于冬季奥运会中高山滑雪项目情况<sup>[2-4]</sup>。通过对FIS世界杯赛事6年的追踪,Bere发现男性总体

损伤发生率和严重程度均高于女性<sup>[17]</sup>,目前公认的致伤危险因素包括:核心力量不足或不平衡、性别差异、高技术水平、生理缺陷和器材因素<sup>[30]</sup>。

在所有高山滑雪相关损伤中,上肢损伤约占14%<sup>[33]</sup>。其中最常见诊断包括肩袖损伤、肩关节脱位、肩锁关节(acromioclavicular, AC Joint)损伤和肱骨近端骨折以及锁骨骨折。因抓握雪杖的同时进行撑地造成的第一掌指关节尺侧副韧带(ulnar collateral ligament, UCL)断裂伴撕脱骨折是高山滑雪和自由式滑雪的特征性损伤,被称为滑雪者拇指(skier's thumb)<sup>[33-34]</sup>。高山滑雪造成的运动损伤中,男性的损伤发生率高于女性<sup>[33]</sup>。下肢损伤占高山滑雪总体损伤的43%~77%<sup>[33]</sup>,下肢损伤中膝关节韧带损伤占主要地位,其中前交叉韧带断裂是最常见的诊断<sup>[18-19,31,35]</sup>。有报道显示高山滑雪中前交叉韧带断裂的发生率为0.23/1000滑雪日<sup>[33]</sup>,甚至高于女子足球运动员的0.2/1000AE(运动员风险暴露, athlete exposure, AE)和男子运动员的0.09/1000AE<sup>[20]</sup>。Bere等报道约38%的高山滑雪损伤为膝关节损伤,在高水平运动员中无性别差异,而业余参与人群中女性膝关节和前交叉韧带损伤发生率更高<sup>[17]</sup>。Spörri等对于膝关节损伤发生率的研究结果与Bere接近,为35.6%,其中54.4%的膝关节损伤为缺席超过28天的严重损伤,前交叉韧带断裂占损伤总数的13.6%,重建术后患膝再次损伤发生率达19%<sup>[30]</sup>。Promsri等发现,双侧下肢控制能力之间的差异可能是速降过程中膝关节损伤的原因之一<sup>[36]</sup>,Johnson等的研究表明,更强的大腿后群肌肉力量能够通过控制胫骨前移减少前交叉韧带损伤的发生<sup>[37]</sup>。通过对前交叉韧带断裂运动员滑行过程中的视频资料进行生物力学分析,Bere等提出,高速滑行转向过程中外侧雪板抓地不良造成的膝关节屈曲内旋状态下的外翻力矩,是高山滑雪过程中前交叉韧带断裂的重要原因<sup>[31,38]</sup>。Haida等通过对法国高山滑雪队30余年的追踪研究,发现近50%的运动员曾有至少1次前交叉韧带断裂损伤,竞技水平更高的运动员更容易发生前交叉韧带断裂,年轻运动员伤后更容易恢复竞技水平<sup>[39]</sup>。目前,对于高山滑雪相关损伤的预防,主要包括强化

身体素质和技术训练、严格雪场管理、解除不良行为及心理影响<sup>[26,30,40]</sup>。对于滑雪器材特别是固定装置的改进,使滑雪损伤发生率在过去50年间降低了75%<sup>[32,34,41]</sup>。

## 2.2 单板及自由式滑雪运动损伤

单板及自由式滑雪运动损伤发生率位居冬季奥运会各项目前列。2010年温哥华冬季奥运会中,20%的损伤发生于单板及自由式滑雪项目;2014年索契冬季奥运会由于增设了坡面障碍项目,这个数字上升到34%,在严重损伤中的占比更是达到56%;在2018年平昌冬季奥运会,自由式U型场地、单板障碍追逐、自由式障碍追逐、单板坡面障碍的损伤发生率都接近当届冬季奥运会平均运动损伤发生率的2倍<sup>[2-4]</sup>。

相比高山滑雪,在坡面(slope)和地形公园(terrain park, TP)进行的单板或自由式滑雪更易于大众参与,是各类滑雪场及度假村最常见的休闲滑雪项目。仅在2016—2017年,美国就有近1000万人进行单板及自由式滑雪运动,各滑雪场和度假村有记录的访问人次达5500万,造成约14万次需急诊处理的滑雪相关损伤,Pierpoint等回顾研究了某大型滑雪度假村5年的滑雪损伤发生情况,发现损伤发生率为1.37/1000访问人次,降雪量少和气温高是损伤发生的危险因素<sup>[42]</sup>。撞击是造成各大滑雪场和度假村内损伤发生的重要机制,其中滑雪者之间的互相撞击占大多数,其次是与静态设施间的撞击,加强安全意识培养以及遵守行为规范有利于降低此类损伤的发生率<sup>[43-44]</sup>。

单板滑雪是起源于20世纪60年代美国的新兴滑雪项目,于1998年成为冬季奥运会正式比赛项目,与自由式滑雪相比,因为使用器材和身体滑行姿态的差异,发生的损伤有其不同特点。总体而言,单板滑雪上肢损伤发生率较高,集中于腕关节及肩关节;自由式滑雪下肢特别是膝关节损伤发生率高,前交叉韧带断裂发生率高<sup>[34,45-46]</sup>。虽然单板滑雪下肢损伤发生率整体较低,有一类踝关节损伤需要引起重视。距骨外侧结构(lateral process of the talus, LPT)骨折几乎仅见于单板滑雪,占单板滑雪踝关节损伤总数的15%<sup>[47]</sup>,也被称为单板滑雪

者踝(snowboarders' ankle)。其致伤机制目前尚有争议,可能与起跳落地过程中的踝关节轴向受力的同时踝关节背伸旋转有关,相比自由式和高山滑雪,单板滑雪的雪鞋更软也是损伤发生的危险因素之一,由于此类损伤发生过程和症状表现不典型,临床上常与踝关节外侧韧带损伤相混淆,容易发生误诊<sup>[47-49]</sup>。

不同滑雪技术水平的单板及自由式滑雪人群,发生相关损伤具有不同特点<sup>[47]</sup>。目前各类研究结果均表明,单板滑雪较自由式滑雪损伤发生率更高<sup>[15]</sup>,在地形公园进行单板滑雪的高技术水平年轻男性是损伤发生率最高的人群<sup>[44,50]</sup>。业余人群滑雪相关损伤的突出特点之一是腕关节损伤和滑雪者拇指发生率较高<sup>[34]</sup>,致伤机制多数为摔倒时上肢撑地,佩戴保护装置能够有效减少此类损伤发生率和严重程度<sup>[51-53]</sup>;膝关节损伤发生率在20%~36%,主要以韧带、半月板等结构损伤为主,有证据显示牢固的雪鞋与雪板间固定能够减少膝关节损伤的发生率<sup>[22,54]</sup>。相比业余单板及自由式滑雪人群,专业运动员上肢损伤少见而下肢特别是膝关节损伤多见<sup>[23]</sup>,这可能是由于更多地进行跳跃旋转等技巧性动作所致<sup>[55]</sup>。Flørenes等利用2006—2007年建立的FIS损伤监测系统(FIS injury surveillance system, FIS ISS)对世界杯赛事上的单板及自由式滑雪运动损伤研究表明,95.9%的损伤均发生于雪面上(on-snow injury),膝关节损伤占损伤总数36%,其中38%为前交叉韧带断裂<sup>[24-25]</sup>。

在FIS世界杯各项赛事中,单板障碍追逐和U型场地中运动员损伤发生率最高<sup>[22]</sup>,其中单板障碍追逐项目损伤发生率可达11.9/1000,并且造成缺席训练或比赛28天以上严重损伤的几率在各项目中最高,膝关节损伤发生率依然最高,其次是肩关节和头面部损伤<sup>[23]</sup>。男子单板追逐赛决赛中损伤发生率是资格赛中的2倍,而女子和自由式障碍追逐赛并无此特点<sup>[21]</sup>。障碍追逐赛由于其比赛过程中有4~6名运动员同时出发,在赛道中常会出现无法避免的身体接触,导致了较高的损伤发生率。最常见的致伤机制是摔倒在障碍物或赛道上,其次是与其他运动员相撞,多数损伤在跳跃和转向过程中

出现,通过对损伤发生过程的视频分析发现,运动员在摔倒触地前身体已经失去控制,而动作失误的根源多数发生于起跳阶段<sup>[56-57]</sup>。

单板及自由式U型场地项目损伤发生的最主要机制是运动员腾空之后失控与U型场地边缘或地面相撞,半径较大的U型场地设计可以降低运动员的腾空高度,一定程度上降低损伤发生率和严重程度。Rajan等报道了1例U型场地项目中因腾空后失控,运动员头部与场地边缘撞击导致的迟发性硬膜下血肿,提示了这一项目相关损伤潜在的致命性<sup>[58]</sup>。

### 3 冰上项目运动损伤

发现于芬兰南部4000年前的人类活动遗迹,是最早的人类滑冰证据,当时滑冰的主要目的是更高效地在冰上移动而非体育活动。中国最早的冰上运动记录见于宋朝。现代滑冰运动起源于冬季苏格兰和荷兰的冰封池塘与河道,真正意义上的滑冰运动起始于13—14世纪荷兰,以在冰鞋底部安装钢制冰刀为标志,最早的滑冰俱乐部设立于1740年苏格兰爱丁堡。在苏格兰、荷兰等欧洲国家至今仍保有冬季开放临时冰场供大众进行滑冰运动的传统。前往临时冰场进行滑冰运动的人群,多数未经过长期专业的技术技巧训练,而且各年龄段均有分布,在运动过程中各类损伤发生率高<sup>[59]</sup>,多数为摔伤造成的上肢损伤<sup>[60]</sup>。Oakland等研究显示高达75%~81%的损伤发生于上肢<sup>[61-62]</sup>。Horner发现女性损伤发生率更高<sup>[63]</sup>,van Lieshout等进一步指出,90%的损伤机制是摔倒,其中大多发生于低速滑行阶段,50岁以上女性多发<sup>[64]</sup>。

目前冬季奥运会的冰上项目包括滑冰(skating),冰球和冰壶以及雪橇和钢架雪车。由于其各自不同的项目特点,上述冰上项目各类运动创伤发生率、致伤机制各有不同,以下就在中国关注度高、开展较为普遍的滑冰及冰球项目分别进行综述。

#### 3.1 滑冰项目运动损伤

冬季奥运会滑冰项目包括速度滑冰、短道速滑和花样滑冰(figure skating)三大项。速度滑冰和短

道速滑分别于1924年和1992年成为冬季奥运会正式比赛项目。速度滑冰也称为大道速滑(long track speed skating),通常于400 m周长的椭圆形场地内比赛,跑道分内、外两条,每组2人同时滑跑。每滑1圈交换1次内、外道。短道速滑在冰球场地内进行比赛,赛道周长仅111 m,通常有4~8名运动员同时起跑。

在2010年温哥华冬季奥运会上,滑冰项目共发生各类损伤46例,占赛会损伤总数的16%,与高山滑雪基本接近,这一数字在2014年索契冬季奥运会下降到不足10%,同时严重损伤的发生率也相对较低<sup>[2-3]</sup>。

在竞速滑冰比赛过程中,运动员需要长时间维持屈膝屈髋姿态,以下肢爆发力反复蹬地推动自身前行<sup>[65-66]</sup>。在此过程中,过度使用性损伤(overuse injury)多见,如下背痛(lower back pain),骶髂关节紊乱(sacroiliac joint disorders)和髌股关节疼痛综合征(patellofemoral pain, PFP)等<sup>[67-69]</sup>,隐匿发病的膝关节症状和脊柱周围症状,分别占损伤总数的33.3%和22.2%<sup>[70]</sup>。由于比赛环境不同,速度滑冰和短道速滑运动员的损伤情况有所差异。Quinn等回顾性研究了95名高水平短道速滑运动员的损伤发现,短道速滑运动员年度损伤发生率为64.2%,其中因身体接触摔倒和撞击造成的肩关节脱位和肩锁关节脱位是比赛中最常见的损伤类型,而在冰上训练过程中腹股沟拉伤最为常见<sup>[70]</sup>。由于在滑行过程中,运动员股二头肌和股四头肌同时处于紧张收缩状态,速度滑冰运动员的膝关节韧带和半月板损伤较为少见,但长时间保持下肢肌肉较高的紧张度可能是下背痛发生率高的原因之一<sup>[67]</sup>。

值得注意的是,除通常意义上的运动系统损伤之外,由于碰撞和摔倒造成的冰刀切割伤(laceration)在速度滑冰相关损伤中较为常见<sup>[67]</sup>。在短道速滑比赛中,由于同时出发运动员人数较多,抢占位置过程中难免出现身体接触发生摔倒,造成的冰刀切割伤可占全年损伤总数的25%以上<sup>[70]</sup>。

Nijenhuis等报道了一类较为罕见的速度滑冰损伤——滑冰者痉挛(skater's cramp)。多在全力蹬地后在空中出现,表现为肢体的短暂扭曲抽搐,

失去控制。多数情况下,滑冰者痉挛发生在从事速度滑冰多年之后,并可能与压力相关,是一类任务特异性肌张力失调(task-specific dystonia, TSD),目前针对性研究尚处于起步阶段<sup>[71]</sup>。

花样滑冰是艺术和竞技的独特融合<sup>[72]</sup>。最早关于花样滑冰的论著由英国炮兵军官Robert Jones于1772年在伦敦发表。被誉为“现代花样滑冰之父”的美国人Jackson Haines,将滑冰运动与芭蕾和舞蹈动作融为一体,在欧洲巡回表演,丰富了花样滑冰的内容和形式。在第一届冬季奥运会举办之前16年,花样滑冰就是1908年伦敦奥运会的正式比赛项目。花样滑冰的名称,最早来源于冰刀在冰面留下的痕迹,直到1990年,依据冰面痕迹进行打分的规则才完全退出花样滑冰比赛。花样滑冰对于运动员各方面素质要求极高。1956年冬季奥运会花样滑冰金牌获得者Tenley Albright描述道:花样滑冰运动员需要具备高空走钢丝的平衡感、马拉松运动员的耐力、足球运动员的侵略性、摔跤运动员的敏捷性、高尔夫球手的神经、体操运动员的灵活性和芭蕾舞演员的优雅<sup>[73]</sup>。

冬季奥运会中,花样滑冰包含男女单人滑(single)、双人滑(pair)和冰上舞蹈(ice dance)3项。单人滑技术动作对跳跃的要求最高,通常代表了花样滑冰选手能达到的最高跳跃难度;双人滑以抛跳(男选手“抛掷”女选手跳跃)、托举(男选手将摆成某种造型的女选手高举过头)动作为特点;冰上舞蹈的技术动作不包括跳跃和旋转,托举亦不能过肩。3个项目不同的技术特点,造成了不同的运动损伤分布。据Fortin等报道,双人滑运动员损伤发生率最高,其次是单人滑,冰上舞蹈损伤发生率最低<sup>[73]</sup>。花样滑冰的项目特点、年龄和身体发展情况、技术动作和训练安排、运动员的营养和精神状况都会对损伤的发生造成影响<sup>[74]</sup>。

目前,多项研究均发现,单人花样滑冰运动员运动系统损伤中,50%以上是下肢和躯干慢性过度使用性损伤。这些过度使用性损伤多数与长时间滑行有关,同样的发生机制也多见于双人滑和冰上舞蹈运动员中。双人滑和冰上舞蹈运动系统损伤的显著特点除急性损伤比例较高外,由于包含了较

多的抛跳、托举动作, 上肢损伤发生率较单人滑明显升高<sup>[67,72-78]</sup>。

足踝部是花样滑冰运动系统损伤最常见的部位<sup>[79]</sup>。Kowalczyk 等对青少年花样滑冰运动员进行了 15 年的回顾性研究, 发现足踝部损伤占损伤总数的 29.3%, 其中腱病发生率 32.4%, 韧带损伤 19.4%<sup>[77]</sup>。许多足部过度使用性损伤与所穿冰鞋相关<sup>[75-76,79]</sup>。滑冰运动员所穿冰鞋由多层硬质皮革制成, 鞋带固定不当, 可能造成胫骨前肌、伸肌支持带、胫长伸肌腱周围过度受压, 发生慢性炎症, 被称为“lace bite”<sup>[74,76,80]</sup>。冰鞋后跟部的垫高使运动员足踝长时间处于轻度跖屈位, 足趾部位在滑行过程中处于紧张状态, 在跳跃过程中会承受数倍于体重的冲击, 导致第一、二跖骨的疲劳性骨折和肌腱腱病, 形成独特的锤状趾 (hammer toe) 表现<sup>[75-76,81]</sup>。由于反复跳跃造成的跟腱腱病、冰鞋过大与后跟部反复摩擦造成的跟腱止点滑囊炎 (pump bump) 和 Haglund 病常见于各年龄段运动员<sup>[74,80-81]</sup>。踝关节扭伤是单人花样滑冰运动员最常见的急性损伤, Fortin 等研究表明高水平运动员踝关节损伤占损伤总数的 27.7%<sup>[73]</sup>, 但在冰上训练过程中相对少见, 而在“旱地” (dry land) 训练过程中多见<sup>[74]</sup>。

膝关节损伤也以过度跳跃和屈膝发力导致的跳跃膝 (jumper's knee)、PFP 和髌腱腱病为主, Fortin 和 Kowalczyk 的研究均显示膝关节损伤占损伤总数的 19% 左右<sup>[73,77]</sup>。其他项目多见的半月板和韧带损伤以及膝关节周围骨折少见于花样滑冰运动员<sup>[67,74-75]</sup>。Wilson 等报道了 1 例高水平女性单人滑运动员在进行 Biellmann 旋转过程中, 非支撑腿由于旋转和髌关节过度伸展造成的非接触性前交叉韧带急性断裂<sup>[82]</sup>。

髌关节损伤几乎仅见于双人滑和冰上舞蹈运动员<sup>[73]</sup>, 以髌关节撞击综合征和孟唇撕裂为主。由于髌腰肌紧张造成的伸髌受限, 与股二头肌、股四头肌紧张均为下背痛的发病高危因素<sup>[67]</sup>。由于花样滑冰跳跃和滑行动作的不对称性, 肢体和躯干肌肉力量的不平衡以及着地腿侧反复摔倒触地, 会导致髌髌关节和髌关节周围疼痛以及下背痛<sup>[74]</sup>。

在花样滑冰各项目中, 上肢损伤的发生率远低于

于下肢<sup>[75]</sup>。在单人滑项目中, 所有的上肢损伤几乎都是摔伤导致的上肢支撑损伤, 以桡骨远端骨折和舟骨骨折多见<sup>[74]</sup>。而在双人滑中, 除各种摔伤机制导致的上肢损伤外, 过头托举造成的肩关节肩袖和孟唇损伤以及二头肌腱炎是项目独有的损伤机制<sup>[72-73,79,83]</sup>。冰上舞蹈项目虽有托举动作, 但规则要求不高于肩部, 上肢损伤相对少见, Tornese 报道了 1 例由于长时间保持托举姿态而导致的冰上舞蹈运动员尺骨疲劳骨折<sup>[78]</sup>。

### 3.2 冰球项目运动损伤

冰球最早的记载见于 14 世纪英国爱德华三世 (King Edward III of England) 时期。近代冰球起源于 19 世纪加拿大, 第一次正规比赛出现在 1879 年 12 月, 第一支职业冰球队成立于美国。目前世界上水平最高的冰球职业联赛由成立于 1917 年的国家冰球联盟 (National Hockey League, NHL) 举办。冰球在 1924 年成为冬季奥运会正式比赛项目, 起初仅允许业余选手参赛, 1986 年 IOC 通过决议, 自 1988 年起允许来自职业联赛的选手参加冬季奥运会冰球比赛。作为一项具有快速滑动和身体对抗特征的竞技运动, 冰球最早仅有男性参与, 最早有记录的女子赛事出现在 1890 年加拿大渥太华。在过去 20 年间, 女子冰球参与人数成倍增长, 成立了加拿大女子冰球联盟 (Canadian Women's Hockey League, CWHL) 和国家女子冰球联盟 (National Women's Hockey League, NWHL) 举办女子职业冰球联赛, 并于 2018 年正式成为冬季奥运会正式比赛项目<sup>[84]</sup>。在历届冬季奥运会中, 冰球的运动损伤发生率和严重程度都居于各单项之首, 2010 年温哥华冬季奥运会和 2014 年索契冬季奥运会上, 冰球仅设立男子项目, 损伤发生数量均接近赛事损伤总数 30%, 严重损伤数量占总数 18%, 并且是 2018 年平昌冬季奥运会上唯一比赛中发生损伤多于训练中的项目<sup>[2-4]</sup>。

冰球场地长 61 m、宽 30 m, 四角半圆形, 球门高 1.22 m、宽 1.83 m, 可分为攻区、中区和守区, 冰球用球 (puck) 为橡胶制下宽上窄碟形。冬季奥运会冰球项目每队允许报名 25 人, 每场比赛交替上场不超过 22 人, 场上人员 6 人, 包括守门员 1 名、翼

锋2名、中锋1名、防守后卫2名。冰球由于其参赛人员密集、移动快速频繁、对抗激烈的项目特点,运动系统损伤发生率高,并且由于独特的运动器材,具有其项目特异性。Mckay等回顾性研究了6个赛季NHL职业选手,损伤发生率高达15.6/1000AE<sup>[85]</sup>;Flik等对美国男子大学生冰球运动员的研究表明,运动系统损伤总体发生率为4.9/1000AE,比赛过程中为13.8/1000AE,训练过程中为2.2/1000AE,比赛过程中的损伤发生率是训练过程中的6倍<sup>[86]</sup>;据Agel对美国大学男女冰球运动员7年的研究表明,男子运动员损伤与女子运动员损伤总数之比为1.5:1,男子运动员总体损伤发生率为5.95/1000AE,训练中2.23/1000AE,比赛中18.69/1000AE,女子运动员同类数据为5.12/1000AE、2.90/1000AE、12.10/1000AE,表明女子冰球运动员在总体损伤发生率较低的同时,训练中发生损伤发生率较男子高,比赛过程中发生损伤发生率较男子低<sup>[84]</sup>。

成人男子冰球比赛中允许球员主动寻求身体对抗,用自身肩、上臂、肘、髌和躯干部位冲撞对方持球球员到球场周围的护板上以夺取球权,称为“body checking”<sup>[84,87]</sup>,然而更大尺度的肢体动作或者以球棍击打对手一般会被判作犯规。Body checking是冰球相关运动系统损伤的独立危险因素<sup>[88]</sup>。据Flik研究,在所有损伤中,69%的比赛损伤与冲撞有关,而在训练中为38%,这是冰球比赛发生损伤发生率远高于训练的原因<sup>[86]</sup>。同时,由于男子和女子冰球规则的差异,女子冰球项目禁止body checking,因此女子冰球运动损伤发生率远低于男子<sup>[84,89]</sup>。多年来,对于未成年选手使用body checking技术的讨论从未停止,部分人认为在未成年比赛中应全面禁止body checking;另一部分认为应当在年龄稍大的组别中适当放开限制,以便青少年运动员在进入成年职业赛之前更好地适应比赛中的冲撞,以降低损伤风险,目前对于这一问题尚无研究定论<sup>[88,90-94]</sup>。

在冰球运动相关损伤中,上肢损伤占比30%以上<sup>[95-96]</sup>,在青少年中可达44%<sup>[87,97]</sup>。在所有上肢损伤中,肩关节损伤最为常见,可占上肢损伤总数的50%<sup>[98]</sup>。其中由于冲撞后摔倒导致的肩锁关节损

伤最为常见,可占所有肩关节损伤的50%以上<sup>[98-99]</sup>。其次是肩关节脱位,多由自后方而来的直接暴力或摔倒后与冰面撞击造成<sup>[87]</sup>。肘关节和上肢远端的损伤多数由摔伤或与挡板撞击造成。值得注意的是,上述部位受到球棍或冰球直接撞击造成的损伤可占同位置总体损伤的31%<sup>[95]</sup>。Carli等报道了1例由于球杆钝击造成的肩关节脱位合并腋动脉离断,由于患者无开放性外伤导致就诊延迟<sup>[100]</sup>。

冰球运动中,下肢损伤发生率在30%~45%<sup>[87]</sup>,撞击导致的双下肢损伤发生率较高,其中运动员间撞击易导致膝关节及大腿部位损伤,遭冰球撞击是下肢远端和足踝的常见损伤机制<sup>[96]</sup>。膝关节损伤是导致运动员就医的最常见因素<sup>[93]</sup>,占全部下肢损伤的近50%,发生率约2.0/1000AE<sup>[98]</sup>。在各类膝关节损伤中,内侧副韧带损伤约占56.6%,多数为I—II度损伤<sup>[87,98]</sup>,据Flik等报道,膝关节内侧副韧带损伤更多发生在训练中<sup>[86]</sup>;其次是半月板损伤14.5%和前交叉韧带损伤10.5%,虽然前交叉韧带损伤较足球、篮球等项目少见,但女子运动员发生率较男子高<sup>[87,98]</sup>。足踝部损伤占全部损伤的12%~13%,男性发生率是女性的2倍,男性最常见的损伤是足趾损伤,其次是低位踝关节扭伤,女性则相反<sup>[101]</sup>。值得注意的是,高位踝关节扭伤(high ankle sprain)虽然相对少见,却是造成冰球运动员缺席训练和比赛时间最长的损伤<sup>[86]</sup>。冰球相关的髌关节损伤,多数为在滑行前加速阶段造成的髌腰肌和内收肌过度使用损伤。另外,守门员由于经常要做出各类扑救动作,髌关节反复内外旋会造成髌关节撞击综合征的发生率显著高于其他位置球员<sup>[102]</sup>。与花样滑冰类似,冰球运动员由于所穿冰鞋舌部对足部造成刺激引发的肌腱和软组织炎症较常见,被称为“skate bite(或lace bite)”<sup>[87]</sup>。虽然冰鞋舌部可能对周围软组织造成慢性刺激引发症状,而其固定不到位则可能会造成更严重的后果。Hovellius等报道了3例由于鞋舌固定不当造成冰鞋顶部保护不足引起的踝关节严重损伤,机制均为冲撞和摔倒过程中被其他运动员冰刀划伤,造成了踝关节前方严重的肌腱神经和血管损伤<sup>[103]</sup>。

## 4 冰雪运动头部损伤

冰雪运动,大多具有高速、转向频繁的特点,以及与其他参与者和静态物体发生撞击的潜在风险,易造成头面部损伤,脑震荡发生率高,某些情况下可能危及生命<sup>[104]</sup>。

在2010年温哥华冬季奥运会上,共有43例头面部损伤,其中20例出现脑震荡,分布于单板与自由式滑雪、雪橇、短道速滑、高山滑雪和冰球项目中<sup>[2]</sup>;2014年索契冬季奥运会发生头面部损伤11例,其中3例发生于自由式U型场地和单板坡面障碍项目中,并导致了7天以上缺席训练和比赛<sup>[3]</sup>;2018年平昌冬季奥运会发生头面部损伤5例,2例发生于冰球项目、1例自由式障碍追逐、1例自由式U型场地、1例单板坡面障碍<sup>[4]</sup>。

滑雪运动的头部损伤发生率高,Steenstrup等对参加FIS世界杯赛事的高水平运动员进行了7年的追踪研究发现,总计2080起损伤中,头面部损伤占11.8%,其中脑震荡81.6%,约25%程度严重<sup>[105]</sup>。在滑雪度假村中,自由式滑雪造成的头部损伤发生率为(0.77~3.8)/10万次滑行,单板滑雪造成的头部损伤发生率显著高于自由式滑雪,可达6.5/10万次滑行<sup>[104]</sup>。造成自由式滑雪和单板滑雪头部损伤发生率差异的原因目前尚不明确,多项研究表明,可能与性别、年龄、人群行为特征和场地设置特点等多种因素相关,需要特别注意的是,单板滑雪30%的头部损伤由跳跃动作引起,在自由式滑雪中仅为2.5%<sup>[106-108]</sup>。约50%的头部损伤与在坡面上摔倒有关,42%~47%与撞击有关,与其他滑雪者相撞是主要原因<sup>[104]</sup>。目前对于滑雪运动头部损伤的预防,主要包括滑雪规则教育、雪场条例制定和强调佩戴头盔,即便如此,目前在滑雪参与者中,头盔佩戴率仍不容乐观<sup>[104]</sup>。多项研究均表明,虽然在某些情况下,撞击的能量可能超过头盔的保护限度<sup>[109]</sup>,但佩戴头盔仍能够显著降低头部损伤导致的颅骨骨折发生率,预防严重损伤的发生,并且不会显著增加颈椎损伤的发生率<sup>[105-108,110]</sup>。

头面部损伤是冰球比赛中最常见的损伤,可占损伤总数的39.8%<sup>[98,111]</sup>。除切割等致伤因素外,摔

倒与撞击是头部损伤最主要的致伤机制,由此引发的脑震荡,在男女运动员中都是比赛中最常见的损伤<sup>[84]</sup>。冰球运动中,强制佩戴头盔和更严格的赛场执法,可明显降低头部损伤和脑震荡的发生率<sup>[104]</sup>。

目前在速度滑冰中,头部损伤的相关研究较少,具体发生率尚无准确数据。摔倒后头部与冰面撞击是最主要的致伤机制,其中青少年头部损伤平均发生于10.9岁,无性别差异<sup>[112]</sup>。Karton和Knox的研究均发现,佩戴头盔能够有效降低撞击造成的严重颅脑损伤发生率<sup>[113]</sup>,并建议青少年在滑冰时佩戴头盔<sup>[112]</sup>。

冰雪运动是在低摩擦力场地进行高速运动的项目,易于在失控、摔倒、撞击后发生头部损伤,佩戴头盔能够有效降低头部损伤的发生率和严重程度,更深入的安全与风险意识宣教和更严格的规则制定,能够在一定程度上降低冰雪运动相关头部损伤的发生,避免造成严重后果。

## 5 结论

相对于开展冬季运动项目时间长、受众广、水平高的国家,中国冬季运动开展的时间、群众基础和运动水平都有较大的差距。通过对于高水平赛事和国家的冬季运动损伤发生率、特点、机制、危险因素等进行必要的总结和综述,能够提高运动员、教练和医务工作者的认识水平,以便科学安排训练和动作设计以规避损伤风险,在比赛过程中警惕各类潜在的损伤因素;出现损伤后结合项目特点和动作机制及时进行诊断和处理,避免潜在风险较高的损伤漏诊;与医疗和科研单位密切配合,建立长效的损伤监测与处理机制,对训练方法、动作模式和器材设计持续改进,提高安全性降低风险。

### 参考文献(Reference)

- [1] Steffen K, Soligard T, Engebretsen L. Health protection of the Olympic athlete[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2012, 46(7): 466-470.
- [2] Engebretsen L, Steffen K, Alonso J M, et al. Sports injuries and illnesses during the Winter Olympic Games 2010

- [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2010, 44(11): 772–780.
- [3] Soligard T, Steffen K, Palmer–Green D, et al. Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic Winter Games[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2015, 49(7): 441–447.
- [4] Soligard T, Palmer D, Steffen K, et al. Sports injury and illness incidence in the PyeongChang 2018 Olympic Winter Games: A prospective study of 2914 athletes from 92 countries[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2019, 53(17): 1085–1092.
- [5] Palmer–Green D, Elliott N. Sports injury and illness epidemiology: Great Britain Olympic team (TeamGB) surveillance during the Sochi 2014 Winter Olympic Games[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2015, 49(1): 25–29.
- [6] Nabhan D, Windt J, Taylor D, et al. Close encounters of the US kind: Illness and injury among US athletes at the PyeongChang 2018 Winter Olympic Games[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2019, doi: 10.1136/bjssports-2018-100015.
- [7] Blank C, Schamasch P, Engebretsen L, et al. Medical services at the first winter youth olympic games 2012 in Innsbruck/Austria[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2012, 46(15): 1048–1054.
- [8] Ruedl G, Schobersberger W, Pocecco E, et al. Sport injuries and illnesses during the first Winter Youth Olympic Games 2012 in Innsbruck, Austria[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2012, 46(15): 1030–1037.
- [9] Ruedl G, Schnitzer M, Kirschner W, et al. Sports injuries and illnesses during the 2015 winter European Youth Olympic Festival[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(10): 631–636.
- [10] Steffen K, Moseid C H, Engebretsen L, et al. Sports injuries and illnesses in the Lillehammer 2016 youth Olympic winter games[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(1): 29–35.
- [11] Nabhan D, Walden T, Street J, et al. Sports injury and illness epidemiology during the 2014 Youth Olympic Games: United States Olympic team surveillance[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(11): 688–693.
- [12] Derman W, Runciman P, Jordaan E, et al. High incidence of injuries at the Pyeongchang 2018 Paralympic Winter Games: A prospective cohort study of 6804 athlete days[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2020, 54(1): 38–43.
- [13] Derman W, Schwellnus M P, Jordaan E, et al. High incidence of injury at the Sochi 2014 Winter Paralympic Games: A prospective cohort study of 6564 athlete days[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(17): 1069–1074.
- [14] Niedermeier M, Gatterer H, Pocecco E, et al. Mortality in different mountain sports activities primarily practiced in the winter season—A narrative review[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(1): 259.
- [15] Sran R, Djerboua M, Romanow N, et al. Ski and snowboard school programs: Injury surveillance and risk factors for grade-specific injury[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2018, 28(5): 1569–1577.
- [16] Spörri J, Kröll J, Amesberger G, et al. Perceived key injury risk factors in World Cup alpine ski racing—An explorative qualitative study with expert stakeholders[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2012, 46(15): 1059–1064.
- [17] Bere T, Flørenes T W, Nordsletten L, et al. Sex differences in the risk of injury in World Cup alpine skiers: A 6-year cohort study[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, 48(1): 36–40.
- [18] Flørenes T W, Bere T, Nordsletten L, et al. Injuries among male and female World Cup alpine skiers[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2009, 43(13): 973–978.
- [19] Haaland B, Steenstrup S E, Bere T, et al. Injury rate and injury patterns in FIS World Cup Alpine skiing (2006–2015): Have the new ski regulations made an impact?[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(1): 32–36.
- [20] Flørenes T, Bjørneboe J, Andersen T E, et al. What is more dangerous—football, skiing or snowboarding?[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2011, 45(4): 348.
- [21] Steenstrup S E, Bere T, Flørenes T W, et al. Injury incidence in qualification runs versus final runs in FIS World Cup snowboard cross and ski cross[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2011, 45(16): 1310–1314.
- [22] Torjussen J, Bahr R. Injuries among elite snowboarders (FIS snowboard world cup)[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2006, 40(3): 230–234.
- [23] Major D H, Steenstrup S E, Bere T, et al. Injury rate and injury pattern among elite World Cup snowboarders: A 6-year cohort study[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, 48(1): 18–22.
- [24] Flørenes T W, Heir S, Nordsletten L, et al. Injuries among World Cup freestyle skiers[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2010, 44(11): 803–808.
- [25] Flørenes T W, Nordsletten L, Heir S, et al. Injuries

- among World Cup ski and snowboard athletes[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2012, 22(1): 58–66.
- [26] Raschner C, Platzer H P, Patterson C, et al. The relationship between ACL injuries and physical fitness in young competitive ski racers: A 10-year longitudinal study[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2012, 46(15): 1065–1071.
- [27] Gilgien M, Crivelli P, Spörri J, et al. Characterization of course and terrain and their effect on skier speed in World Cup alpine ski racing[J]. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0118119.
- [28] Bere T, Bahr R. Injury prevention advances in alpine ski racing: Harnessing collaboration with the International Ski Federation (FIS), long-term surveillance and digital technology to benefit athletes[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, 48(9): 738.
- [29] Gilgien M, Reid R, Raschner C, et al. The training of Olympic alpine ski racers[J]. *Frontiers in Physiology*, 2018(9): 1772.
- [30] Spörri J, Kröll J, Gilgien M, et al. How to prevent injuries in alpine ski racing: What do we know and where do we go from here?[J]. *Sports Medicine*, 2017, 47(4): 599–614.
- [31] Bere T, Flørenes T W, Krosshaug T, et al. Events leading to anterior cruciate ligament injury in World Cup alpine skiing: A systematic video analysis of 20 cases[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2011, 45(16): 1294–1302.
- [32] Müller E, Spörri J, Kröll J, et al. Equipment designed to reduce risk of severe traumatic injuries in alpine ski racing: Constructive collaboration between the International Ski Federation, industry and science[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(1): 1–2.
- [33] Davey A, Endres N K, Johnson R J, et al. Alpine skiing injuries[J]. *Sports Health*, 2019, 11(1): 18–26.
- [34] McCall D, Safran M R. Injuries about the shoulder in skiing and snowboarding[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2009, 43(13): 987–992.
- [35] Ruedl G, Posch M, Niedermeier M, et al. Are risk-taking and ski helmet use associated with an acl injury in recreational alpine skiing?[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(17): 3107.
- [36] Promsri A, Longo A, Haid T, et al. Leg dominance as a risk factor for lower-limb injuries in downhill skiers—A pilot study into possible mechanisms[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(18): 3399.
- [37] Johnson S C. Anterior cruciate ligament injury in elite alpine competitors[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1995, 27(3): 323–327.
- [38] Bere T, Mok K M, Koga H, et al. Kinematics of anterior cruciate ligament ruptures in World Cup alpine skiing: 2 case reports of the slip-catch mechanism[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2013, 41(5): 1067–1073.
- [39] Haida A, Coulmy N, Dor F, et al. Return to sport among French alpine skiers after an anterior cruciate ligament rupture: Results from 1980 to 2013[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2016, 44(2): 324–330.
- [40] Kröll J, Spörri J, Gilgien M, et al. Effect of ski geometry on aggressive ski behaviour and visual aesthetics: Equipment designed to reduce risk of severe traumatic knee injuries in alpine giant slalom ski racing[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(1): 20–25.
- [41] Supej M, Senner V, Petrone N, et al. Reducing the risks for traumatic and overuse injury among competitive alpine skiers[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 51(1): 096502.
- [42] Pierpoint L A, Kerr Z Y, Grunwald G, et al. Effect of environmental conditions on injury rates at a Colorado ski resort[J]. *Injury prevention*, 2019, doi: 10.1136/injury-prev-2019-043275.
- [43] Carús L, Castillo I. Injury prevention: Freestylers' awareness of FIS code of conduct for snow parks[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(1): 308.
- [44] Carús L, Castillo I. Snowboarders' knowledge of the FIS rules for conduct on ski slopes[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(1): 316.
- [45] Bladin C, McCrory P, Pogorzelski A. Snowboarding injuries[J]. *Sports Medicine*, 2004, 34(2): 133–138.
- [46] Kim S, Endres N K, Johnson R J, et al. Snowboarding injuries: Trends over time and comparisons with alpine skiing injuries[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2012, 40(4): 770–776.
- [47] Wijdicks C A, Rosenbach B S, Flanagan T R, et al. Injuries in elite and recreational snowboarders[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, 48(1): 11–17.
- [48] Ishimaru D, Ogawa H, Sumi H, et al. Lower extremity injuries in snowboarding[J]. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 2011, 70(3): 48–52.

- [49] Kramer I F, Brouwers L, Brink P R G, et al. Snowboarders' ankle[J]. *Case Reports*, 2014, doi: 10.1136/bcr-2014-204220.
- [50] Audet O, Hagel B E, Nettel-Aguirre A, et al. What are the risk factors for injuries and injury prevention strategies for skiers and snowboarders in terrain parks and half-pipes? A systematic review[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2019, 53(1): 19-24.
- [51] Rønning R, Rønning I, Gerner T, et al. The efficacy of wrist protectors in preventing snowboarding injuries[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2001, 29(5): 581-585.
- [52] Matsumoto K, Miyamoto K, Sumi H, et al. Upper extremity injuries in snowboarding and skiing: A comparative study[J]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2002, 12(6): 354-359.
- [53] Hagel B E, Pless I B, Hanley J A. Upper extremity snowboarding injuries: Ten-year results from the colorado snowboard injury survey[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2001, 29(5): 676-678.
- [54] Møller-Madsen B, Jakobsen B W, Villadsen I. Skiing injuries: A study from a Danish community[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 1990, 24(2): 123-124.
- [55] Weinstein S, Khodae M, VanBaak K. Common skiing and snowboarding injuries[J]. *Current Sports Medicine Reports*, 2019, 18(11): 394-400.
- [56] Randjelovic S, Heir S, Nordsetten L, et al. Injury situations in Freestyle Ski Cross (SX): A video analysis of 33 cases[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, 48(1): 29-35.
- [57] Bakken A, Bere T, Bahr R, et al. Mechanisms of injuries in World Cup snowboard cross: A systematic video analysis of 19 cases[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2011, 45(16): 1315-1322.
- [58] Rajan G P, Zellweger R. Half pipe snowboarding: An (un) forgettable experience or an increasing risk for head injury?[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2004, 38(6): 35.
- [59] Ostermann R C, Hofbauer M, Tiefenböck T M, et al. Injury severity in ice skating: An epidemiologic analysis using a standardised injury classification system[J]. *International Orthopaedics*, 2015, 39(1): 119-124.
- [60] Barr L V, Imam S, Crawford J R, et al. Skating on thin ice: A study of the injuries sustained at a temporary ice skating rink[J]. *International Orthopaedics*, 2010, 34(5): 743-746.
- [61] Oakland C D. Ice skating injuries: Can they be reduced or prevented?[J]. *Emergency Medicine Journal*, 1990, 7(2): 95-99.
- [62] Kelsall N K R, Bowyer G W. Injuries sustained at a temporary ice-skating rink: Prospective study of the Winchester experience 2007-2008[J]. *Injury*, 2009, 40(12): 1276-1278.
- [63] Horner C, McCabe M J. Ice-skating and roller disco injuries in Dublin[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 1984, 18(3): 207-211.
- [64] van Lieshout A P W, van Manen C J, Karel J, et al. Peak incidence of distal radius fractures due to ice skating on natural ice in The Netherlands[J]. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*, 2010, 5(2): 65-69.
- [65] Felser S, Behrens M, Fischer S, et al. Relationship between strength qualities and short track speed skating performance in young athletes[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2016, 26(2): 165-171.
- [66] van der Kruk E, Schwab A L, van der Helm F C T, et al. Getting in shape: Reconstructing three-dimensional long-track speed skating kinematics by comparing several body pose reconstruction techniques[J]. *Journal of Biomechanics*, 2018(69): 103-112.
- [67] Okamura S, Wada N, Tazawa M, et al. Injuries and disorders among young ice skaters: Relationship with generalized joint laxity and tightness[J]. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 2014(5): 191.
- [68] Hettinga F J, Konings M J, Cooper C E. Differences in muscle oxygenation, perceived fatigue and recovery between long-track and short-track speed skating[J]. *Frontiers in Physiology*, 2016(7): 619.
- [69] Konings M J, Elferink-Gemser M T, Stoter I K, et al. Performance characteristics of long-track speed skaters: A literature review[J]. *Sports Medicine*, 2015, 45(4): 505-516.
- [70] Quinn A, Lun V, McCall J, et al. Injuries in short track speed skating[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2003, 31(4): 507-510.
- [71] Nijenhuis B, Schalkwijk A H P, Hendriks S, et al. Skater's cramp: A possible task-specific dystonia in dutch ice skaters[J]. *Movement Disorders Clinical Practice*, 2019, 6(7): 559-566.
- [72] Dubravcic-Simunjak S, Pecina M, Kuipers H, et al. The incidence of injuries in elite junior figure skaters[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2003, 31(4): 511-517.
- [73] Fortin J D, Roberts D. Competitive figure skating injuries [J]. *Pain Physician*, 2003, 6(3): 313-318.

- [74] Porter E B. Common injuries and medical problems in singles figure skaters[J]. *Current Sports Medicine Reports*, 2013, 12(5): 318–320.
- [75] Han J S, Geminiani E T, Micheli L J. Epidemiology of figure skating injuries: A review of the literature[J]. *Sports Health*, 2018, 10(6): 532–537.
- [76] Campanelli V, Piscitelli F, Verardi L, et al. Lower extremity overuse conditions affecting figure skaters during daily training[J]. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2015, 3(7): 2325967115596517.
- [77] Kowalczyk A D, Geminiani E T, Dahlberg B W, et al. Pediatric and adolescent figure skating injuries: A 15-year retrospective review[J]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2019, doi: 10.1097/JSM.0000000000000743.
- [78] Tornese D, Curci D, Nardo A, et al. Stress fracture of the ulna in an elite ice dancer[J]. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2015, 14(1): 37.
- [79] Abbott K, Hecht S. Medical issues in synchronized skating[J]. *Current Sports Medicine Reports*, 2013, 12(6): 391–396.
- [80] Bradley M A. Prevention and treatment of foot and ankle injuries in figure skaters[J]. *Current Sports Medicine Reports*, 2006, 5(5): 258–261.
- [81] Smith A D. Foot and ankle injuries in figure skaters[J]. *The Physician and Sportsmedicine*, 1990, 18(3): 73–86.
- [82] Wilson E K, Lahurd A P, Wilckens J H. An unusual mechanism for injury of the anterior cruciate ligament in figure skating[J]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2012, 22(2): 160–162.
- [83] Smith A D, Ludington R. Injuries in elite pair skaters and ice dancers[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 1989, 17(4): 482–488.
- [84] Agel J, Harvey E J. A 7-year review of men's and women's ice hockey injuries in the NCAA[J]. *Canadian Journal of Surgery*, 2010, 53(5): 319.
- [85] McKay C D, Tufts R J, Shaffer B, et al. The epidemiology of professional ice hockey injuries: A prospective report of six NHL seasons[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, 48(1): 57–62.
- [86] Flik K, Lyman S, Marx R G. American collegiate men's ice hockey: An analysis of injuries[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2005, 33(2): 183–189.
- [87] Mosenthal W, Kim M, Holzshu R, et al. Common ice hockey injuries and treatment: A current concepts review [J]. *Current Sports Medicine Reports*, 2017, 16(5): 357–362.
- [88] Emery C A, Hagel B, Decloe M, et al. Risk factors for injury and severe injury in youth ice hockey: A systematic review of the literature[J]. *Injury Prevention*, 2010, 16(2): 113–118.
- [89] Cusimano M D, Nastis S, Zuccaro L. Effectiveness of interventions to reduce aggression and injuries among ice hockey players: A systematic review[J]. *Canadian Medical Association Journal*, 2013, 185(1): 57–69.
- [90] Harris A W, Voaklander D C, Drul C. Hockey-related emergency department visits after a change in minor hockey age groups[J]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2012, 22(6): 455–461.
- [91] Cusimano M D, Ilie G, Mullen S J, et al. Aggression, violence and injury in minor league ice hockey: Avenues for prevention of injury[J]. *PloS One*, 2016, 11(6): e0156683.
- [92] Keays G, Pless B. Influence of viewing professional ice hockey on youth hockey injuries[J]. *Chronic Diseases and Injuries in Canada*, 2013, 33(2): 55–60.
- [93] Lee Y Y, Lee C, Lee S M, et al. Etiologic factors of ice hockey injuries in Korean high school players[J]. *Pain Physician*, 2014, 17(6): 747–754.
- [94] Wattie N, Cobley S, Macpherson A, et al. Injuries in Canadian youth ice hockey: The influence of relative age [J]. *Pediatrics*, 2007, 120(1): 142–148.
- [95] Mölsä J, Kujala U, Myllynen P, et al. Injuries to the upper extremity in ice hockey: Analysis of a series of 760 injuries[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2003, 31(5): 751–757.
- [96] Deits J, Yard E E, Collins C L, et al. Patients with ice hockey injuries presenting to US emergency departments, 1990–2006[J]. *Journal of Athletic Training*, 2010, 45(5): 467–474.
- [97] Hostetler S G, Xiang H, Smith G A. Characteristics of ice hockey-related injuries treated in US emergency departments, 2001–2002[J]. *Pediatrics*, 2004, 114(6): 661–666.
- [98] Tuominen M, Stuart M J, Aubry M, et al. Injuries in men's international ice hockey: A 7-year study of the International Ice Hockey Federation Adult World Championship Tournaments and Olympic Winter Games[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2015, 49(1): 30–36.
- [99] Tuominen M, Stuart M J, Aubry M, et al. Injuries in world junior ice hockey championships between 2006 and 2015[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(1): 36–43.
- [100] Carli A, De Jesus C, Martineau P A. Isolated axillary artery injury due to blunt trauma in ice hockey[J]. *Clin-*

- ical Journal of Sport Medicine, 2012, 22(5): 446-447.
- [101] Crowley S G, Trofa D P, Vosseller J T, et al. Epidemiology of foot and ankle injuries in national collegiate athletic association men's and women's ice hockey[J]. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 2019, 7(8): 2325967119865908.
- [102] Kuhn A W, Noonan B C, Kelly B T, et al. The hip in ice hockey: A current concepts review[J]. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 2016, 32(9): 1928-1938.
- [103] Hovelius L, Palmgren H. Laceration of tibial tendons and vessels in ice hockey players: Three case histories of a skate boot top injury[J]. The American Journal of Sports Medicine, 1979, 7(5): 297-298.
- [104] Chaze B, McDonald P. Head injuries in winter sports: Downhill skiing, snowboarding, sledding, snowmobiling, ice skating and ice hockey[J]. Physical Medicine and Rehabilitation clinics of North America, 2009, 20(1): 287-293.
- [105] Steenstrup S E, Bere T, Bahr R. Head injuries among FIS World Cup alpine and freestyle skiers and snowboarders: A 7-year cohort study[J]. British Journal of Sports Medicine, 2014, 48(1): 41-45.
- [106] Cusimano M D, Kwok J. The effectiveness of helmet wear in skiers and snowboarders: A systematic review [J]. British Journal of Sports Medicine, 2010, 44(11): 781-786.
- [107] Haider A H, Saleem T, Bilaniuk J W, et al. An evidence based review: Efficacy of safety helmets in reduction of head injuries in recreational skiers and snowboarders[J]. The Journal of Trauma and Acute Care surgery, 2012, 73(5): 1340.
- [108] Willick S E, Wagner G, Ericson D, et al. Helmet use and risk-taking behavior among skiers and snowboarders[J]. Clinical Journal of Sport Medicine, 2019, 29(4): 329-335.
- [109] Steenstrup S E, Mok K M, McIntosh A S, et al. Head impact velocities in FIS World Cup snowboarders and freestyle skiers: Do real-life impacts exceed helmet testing standards?[J]. British Journal of Sports Medicine, 2018, 52(1): 32-40.
- [110] Steenstrup S E, Mok K M, McIntosh A S, et al. Reconstruction of head impacts in FIS World Cup alpine skiing[J]. British Journal of Sports Medicine, 2018, 52(11): 709-715.
- [111] Tegner Y, Lorentzon R. Ice hockey injuries: Incidence, nature and causes[J]. British Journal of Sports Medicine, 1991, 25(2): 87-89.
- [112] Knox C L, Comstock R D, McGeehan J, et al. Differences in the risk associated with head injury for pediatric ice skaters, roller skaters, and in-line skaters[J]. Pediatrics, 2006, 118(2): 549-554.
- [113] Karton C, Rousseau P, Vassilyadi M, et al. The evaluation of speed skating helmet performance through peak linear and rotational accelerations[J]. British Journal of Sports Medicine, 2014, 48(1): 46-50.

## Winter Olympic Games and sports injuries in major events: A review of literature

WANG Jianing, AO Yingfang\*

Institute of Sports Medicine, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

**Abstract** The 2022 Beijing Winter Olympic Games comes to the final stage of preparation. This paper reviews the incidence and distribution characteristics of sports injuries from studies of Winter Olympic Games. In view of their high incidence of injuries and high level of attention in China, the skiing, the speed skating, the figure skating, and the ice hockey are discussed in detail with regard to the history of development and the event characteristics, the incidence and the mechanism of injuries. Special focus is given to the winter sports induced head injuries, which received insufficient attention in the past.

**Keywords** Winter Olympic Games; winter sports; sport injury ●



(责任编辑 傅雪)