



竞技体育中运动负荷与损伤风险关系的研究进展

周苏坡¹,袁鹏²,陈伟³,许贻林^{3*}

摘要:为通过科学调控运动训练来实现对运动损伤的有效控制,对运动负荷与损伤风险间关系的研究成为近些年体育科学领域的热点之一。长期训练使机体发生定向改造以适应专项特征,运动负荷刺激机能水平提高的同时也会使运动员发生损伤的风险产生变化,运动负荷与损伤风险具有一定的相关性。在绝对负荷中,负荷累积与损伤风险表现出剂量-效应关系;在相对负荷中,负荷变化对损伤风险具有一定的预测能力。为了降低损伤风险,在训练安排时应避免长时间使用较低水平负荷或使用极高水平负荷,以及避免负荷的过快增长。

关键词:绝对负荷;相对负荷;损伤风险;急慢性负荷比;负荷-损伤悖论

中图分类号:G808 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2021)04-0042-06

DOI:10.12064/ssr.20210407

Research Progress on the Relationship between Exercise Workload and Injury Risk in Competitive Sports

ZHOU Supo¹, YUAN Peng², CHEN Wei³, XU Yilin^{3*}

(1. Jiangsu College of Nursing, Huai'an 223300, China; 2. Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; 3. Jiangsu Research Institute of Sports Science, Nanjing 210033, China)

Abstract: In order to achieve effective control of sports injury through scientific training, the relationship between exercise workload and injury risk has become one of the hot spots in the field of sports science in recent years. Long-term training enables the body to undergo directional change to adapt to event characteristics. When the exercise workload stimulation function is improved, the injury risk will also be changed. There is a certain correlation between exercise workload and injury risk. Workload accumulation has a dose-response relationship with injury risk in absolute load. Workload changes can predict injury risk in relative load. Lower level workload or extra-high level workload for a long time and rapid growth of workload should be avoided to lower injury risk in the training program.

Key Words: absolute load; relative load; injury risk; Acute Chronic Workload Ratio (ACWR); load-injury paradox

科学训练通过增进运动技能、提高身体结构的功能和改善机体供能系统的能力来增强运动员的运动表现,发生于训练或比赛中的伤害性事件,即运动损伤^[1],大大影响着运动员的竞技水平^[2]。研究表明运动队中的损伤率与其成绩存在显著相关性,降低损伤发生可能有助于运动队取得比赛胜利^[3]。在运动损伤的

病理学模型中,损伤发生是内部因素与外部因素在遭遇诱发事件时综合作用的结果^[4],其中不当的运动负荷安排是重要因素之一(图1)^[5],当负荷带来的疲劳效应高于机能提高效应时,运动员发生损伤的风险也大大增加。因此,通过科学调控运动训练来有效控制运动损伤成为竞技体育工作中的重要内容。

收稿日期:2020-09-11

基金项目:江苏省体育局重大体育科研课题(ST191102)。

第一作者简介:周苏坡,男,硕士,助教。主要研究方向:运动康复。E-mail:zhousupo@163.com。

*通信作者简介:许贻林,男,硕士,助理研究员。主要研究方向:运动生物力学。E-mail:xuyilinjsriss@163.com。

作者单位:1.江苏护理职业学院,江苏淮安223300;2.上海体育学院,上海200438;3.江苏省体育科学研究所,江苏南京210033。

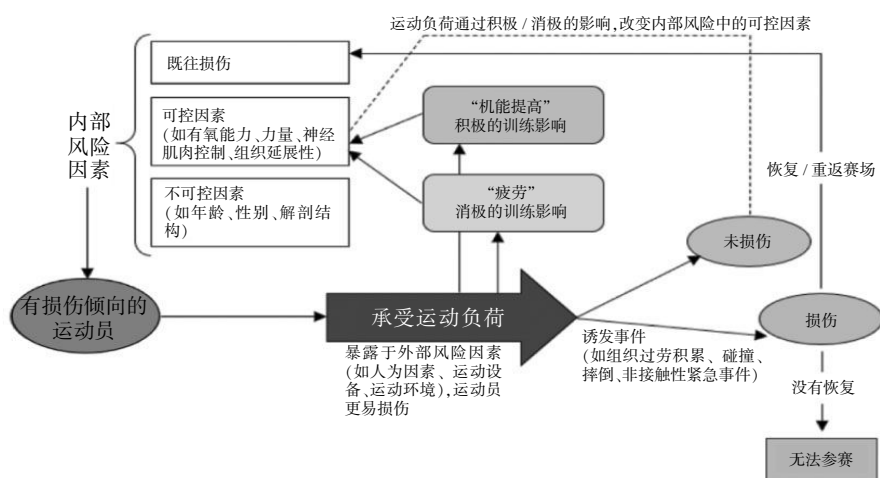


图1 负荷-损伤病理学模型^[5]

Figure 1 The Load-Injury Pathology Model^[5]

运动负荷指机体在一段时间内的比赛或训练中承受的压力^[6],经典的运动负荷监控与分析常从负荷量与负荷强度出发,探究机体所承受的生理与心理上的刺激,并由此确立了基于运动学、生理学、心理学等学科的描述指标^[7]。但仅从量与强度的角度分析负荷特征已无法满足竞技运动发展的需要^[8]。为了解决“海量数据”与“使用便捷”之间的矛盾,有学者提出淡化负荷的指标学科属性,根据负荷与时间的关系将其分为绝对负荷(absolute load)与相对负荷(relative load):绝对负荷是指机体在一段时间内的累积负荷,如课次负荷、日负荷、周负荷和月负荷以及赛季负荷等;相对负荷是指一段时间内的负荷变化情况,如周负荷变化率、周负荷变化量、急慢性负荷比等^[8-10]。本文旨在从绝对负荷与相对负荷的视角,探讨竞技体育中运动负荷与损伤风险关系的研究进展,为我国体育科研工作者开展此类问题研究和进行相关服务工作提供参照。

1 绝对负荷与损伤风险的关系

1.1 课次负荷与损伤风险

课次负荷是指在一节训练课或一场比赛中机体的累积负荷,当一天中只有一节训练课时课次负荷也等同于日负荷。课次负荷是负荷安排的基本组成单元,具有一定的专项特征。在对棒球投球手在一节训练课中的投掷次数、投掷球类型与上肢疼痛关系的研究,发现13~14岁投球手的投掷类型与手臂疼痛有明显相关性:投掷滑球使肘部疼痛增加86%,投掷曲线球使肩部疼痛增加52%;而只考虑投掷次数时,一场比赛中投掷超过75次时,肘部疼痛风险增加35%、肩部疼痛风险增加52%^[11]。Wheeler等^[12]通过对水球运动员在一场比赛中射门次数的研究,指

出水球运动员74%的肩部损伤与射门次数的增加以及2次射门间隔时间的减少有关。因此为了降低损伤风险,课次负荷的负荷量不能过大,同时还要注意负荷形式、练习密度的安排。

1.2 周负荷与损伤风险

周负荷是指在连续一周的时间内机体承受的累积负荷,不同学者^[13-17]在分析周负荷与损伤风险的关系时均发现周负荷存在一个单边的“安全阈值”,负荷超过此阈值时即引起损伤的风险显著增大。如对橄榄球运动员的研究表明当运动员每周跑动距离 $\geq 28\ 798\text{ m}$ 时损伤风险会增加1.9~13.9倍^[13];对排球运动员的研究表明每周增加1h的训练或每周增加一场比赛,损伤风险会增加1.7~3.9倍^[14];对足球运动员的研究表明当周负荷大于1 750 AU、2周负荷大于4 000 AU时损伤风险会增加2.4~4.7倍^[15]。但Dennis等^[18]对投球手进行2个赛季的跟踪研究,发现比起每周投掷次数在123~188次,小于123次或大于188次的投球手损伤风险均明显增加。

由于科学训练的本质是通过给予机体适宜刺激,诱导机体出现最佳适应^[19],因此引起损伤风险显著增大的周负荷的影响也可能是双重的,即周负荷存在一个“安全范围”。当超过此范围时即进入过度负荷,机体疲劳加深,难以充分恢复;低于此范围时即负荷不足,训练无法提高身体机能,此二者均会引起损伤风险的增高。

1.3 其他绝对负荷与损伤风险

在一个更长的时间范围内分析负荷累积与损伤风险关系时,众多学者的研究结果趋向于一致,即运动员在负荷刺激下的机体反应可能是积极的(体能



增强,损伤风险降低),也可能是消极的(损伤、疾病的风险增大,出现过度训练或运动水平下降)^[10],绝对负荷与损伤风险间存在一定的剂量-效应关系(dose-response relationship)^[11,20-22]。Blanch等^[22]对235名投球手的投掷次数与比赛中的损伤进行15年的跟踪调查,发现身体不同组织在接受相同负荷刺激后对损伤风险的耐受不同(见表1),如当3个月的累计投掷次数 ≥ 150 次或职业生涯总投掷次数 $< 1\ 200$ 次时,骨组织应力性损伤的风险显著增加;当一个赛季中的累计投掷次数 ≥ 400 次时,肌肉组织的损伤风险显著减少,但这2种负荷刺激在肌腱组织中却展现出相反的效应。原因可能在于不同组织对负荷的耐受性不同,在投掷动作中运动员常进行肌肉的超等长收缩,这对肌腱和骨组织都会产生较大的负担。一旦负荷过高组织无法完全恢复,或负荷过低组织难以发生良好的适应,都会使损伤风险增大。

表1 投球手运动负荷与运动损伤的关系^[22]

Table 1 Relationship between Exercise Load and Sports Injury of Pitchers^[22]

损伤部位	引起损伤风险增加的投掷次数/次	引起损伤风险减小的投掷次数/次
肌腱(131例)	课次负荷 ≥ 50 赛季负荷 ≥ 400	课次负荷 ≤ 10 3个月负荷 ≥ 150 职业生涯总负荷 $< 1\ 200$ 或 $\geq 3\ 000$
骨(120例)	3个月负荷 ≥ 150 职业生涯总负荷 $< 1\ 200$	
关节(78例)	准备期训练负荷 ≥ 450 职业生涯总负荷 $\geq 3\ 000$	
肌肉(366例)		赛季负荷 ≥ 400

从负荷累积的角度来看,现有研究表明在一个较小的时间单位中,绝对负荷对损伤风险展现出一个安全阈值,当负荷超过此阈值时损伤风险会增大;而在一个较大的时间单位中,绝对负荷对损伤风险趋向于展现出一个安全范围,当负荷低于或超过此范围时损伤风险会增大。然而这种安全阈值或安全范围在不同项目、不同年龄、不同水平的运动员甚至同一运动员的不同组织部位都不一致,为有效降低损伤风险,单次负荷不宜过高,且一段时间内的负荷不宜过高或过低。

2 相对负荷与损伤风险的关系

2.1 周负荷变化与损伤风险

周负荷变化(week-to-week change)指2个相邻周负荷间的绝对变化量(本周负荷-上一周负荷)或

相对变化率 $[(\text{本周负荷}-\text{上一周负荷})/\text{本周负荷}]$,是调控运动负荷时的主要着手点。在分析变化量时研究者习惯将这种连续变量转化为分类变量,并以某一等级为参照计算风险比值。如Colby等^[15]使用sRPE作为负荷指标,研究足球运动员的训练负荷,在分析时将sRPE周变化量分为低变化组(< 250 AU)、中等变化组(250~750 AU)、高变化组(750~1 250 AU)和极高变化组(1 250 AU),并发现当运动员处于极高变化组时损伤风险明显增加,是低变化组的2.8倍;而当运动员处于高变化组时损伤风险最低。此外分析移动总距离负荷指标,发现比起周负荷变化小于549 m,变化量在549~6 955 m时足球运动员有明显较低的损伤风险^[23]。

对周负荷变化率的研究发现,当周负荷变化率在5%~10%以内时,训练负荷的波动是相对稳定的,这时损伤风险较低($< 10\%$);当变化率 $> 15\%$ 时,损伤风险将增至20%以上,且会随着变化率的增加而继续增大^[24]。因此就预防损伤风险来说,周负荷的变化量或许存在一个“安全范围”,但周负荷的变化率存在“安全阈值”^[25],中等程度的增减或10%左右的波动一般有较低的风险。

2.2 激增负荷与损伤风险

当描记一段时间内的负荷变化时出现锥形曲线,即表示负荷发生快速增长,Piggott第^[26]将之称为激增负荷(spike load),并在对16名职业足球运动员的研究中发现40%的损伤发生前都伴有激增负荷的出现。一项为期10个赛季对129名投球手的跟踪调查,发现一场比赛中的投掷超过50次时(处于高负荷组,发生激增负荷),接下来21 d中损伤风险提高1.8倍;在一局比赛中投掷超过30次时(处于高负荷组,发生激增负荷),接下来的28 d中损伤风险提高2.4倍;超出此时间范围后高负荷组和低负荷组球员的损伤风险并无显著差异^[27]。

早有学者^[28]指出,当向机体组织传导的能量超出其承受范围时,组织就会发生损伤。在一次激增负荷中未成熟组织遭受破坏,但成熟组织短期内还可以继续执行功能,从而整体上未表现出功能缺失。但一段时间的自然代谢后,原本成熟的组织开始衰老,功能下降;而此时的成熟组织(由之前受到过破坏的未成熟组织发育而成)由于之前受到破坏,无法充分执行成熟组织的功能,从而导致该组织整体上的功能下降、损伤风险增加^[27]。因此激增负荷在引起损伤风险发生变化方面具有一定的延迟效应,可使运动员进入易患损伤的敏感期,此敏感期可持续4周^[29]。



2.3 急慢性负荷比与损伤风险

急慢性负荷比 (Acute Chronic Workload Ratio, ACWR)由 Hulin 等^[30]根据运动表现的双因素理论 (Fitness-Fatigue Theory)提出,并规定算法为过去 1 周的周负荷除以过去 4 周的平均周负荷。在该理论中,训练使体能水平提高的同时也带来疲劳水平增加,而运动表现由体能与疲劳相互作用决定^[31]。当体能效益高于疲劳效益时机体获得积极的训练效应,反映在急慢性负荷比中即为慢性负荷大于急性负荷,比值小于 1;当疲劳效益高于体能效益时机体获得消极的训练效应,反映在急慢性负荷比中即为急性负荷大于慢性负荷,比值大于 1。之后 Blanch 等^[32]提出了通过本周 ACWR 预测下一周损伤风险的计算公式: $y=9.98 \times a^2 - 18.42 \times a + 11.73$ (y 表示接下来 1 周的损伤风险,即 1 周中的损伤次数 / 该周运动员暴露总次数 $\times 100\%$; a 表示本周的急慢性负荷比值),并表明 ACWR 与损伤风险具有较强相关性 ($R^2=0.53$); Gabbett^[23]认为当比值大于 1.5 时,运动员即进入易患损伤的“危险区间”,而为了有效减少损伤发生应将比值控制在 0.8~1.3 这一“最适区间”。

随着研究的不断深入,Carey 等^[33]首先对比值的算法提出了质疑,认为这种算法的时间窗口选取只是基于 20 世纪 80 年代 Banister 对游泳运动员的研究,代表性不足,并提出更精准的急慢性负荷计算选取应以天为单位;Menaspà^[34]认为过去 1 周 / 过去 4 周的滚动平均算法 (Rolling Average, RA)有明显的不足之处,主要表现在以周为单位的平均算法在日负荷偏离较大的情况下仍表现出同样的周负荷,且没有考虑大负荷刺激出现的具体日期;随后 Williams 等^[35]提出了急慢性负荷比的加权平均算法 (Exponentially Weighted Moving Averages, EWMA),即根据日期对过去每一天的负荷赋予不同的权重系数(表 2)。

因此,从负荷变化的角度来看,相对负荷可以对接下来一段时间的损伤风险做出一定预测,且急慢性负荷比在这方面展现出了较好的敏感性^[37],吸引着众多学者对如何构建最佳模型进行研究。尽管有学者认为对损伤采取何种界定标准会影响研究结果^[38],也有研究结果显示急慢性负荷比与损伤风险间不存在显著相关性^[39],但更多的研究表明急慢性负荷比与损伤风险间呈“U”形曲线,即存在一个最佳区间,在此区间中的 ACWR 有着最低的损伤风险。为有效控制损伤风险,课次负荷间的变化不应陡然增大,周负荷变化率应控制在 10%,且急慢性负荷比不应超过 1.5。

表 2 急慢性负荷比的主要算法

Table2 Main Algorithms of ACWR

算法代表	计算公式	算法特征
Hulin 等 ^[30]	1-week:4-week average	(1)以周为单位进行滚动平均计算,简便易懂 (2)结果可直接带入损伤风险方程
Carey 等 ^[33]	$r_i = \sum_{j=i-a}^{i-1} \frac{W_j}{a}$ a ∈ {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} c ∈ {14, 18, 21, 24, 28, 32, 35}	(1)以天为单位进行滚动平均计算 (2)急性负荷和慢性负荷有多 c 种取值
Murry 等 ^[36]	$EWMA_{today} = Load_{today} \times \lambda a + (1-\lambda a) \times EWMA_{yesterday}$ $\lambda a = 2 / (N+1)$	(1)以天为单位,根据过往时段对每日负荷给予不同系数(加权平均) (2)急性负荷:N=7,慢性负荷:N=28

3 负荷-损伤悖论

研究发现高负荷的训练或比赛会增大损伤风险^[40],但也有研究表明,运动员在联赛准备期中每多参加 10 次完整的训练,赛季中损伤的风险就会降低 5%^[41];每周跑动距离处于较高水平组 (16 001~22 364 m) 的运动员损伤风险也会显著低于跑动较少者 (9 625~16 000 m)^[13]。此外当急性负荷与慢性负荷相近时 (比值接近于 1),承受较高慢性负荷的运动员罹患损伤的风险也显著下降^[13,42]。这种高负荷却带来低损伤风险的现象被称为负荷-损伤悖论 (workload-injury paradox)。

一定范围的高负荷使机体做出更强烈的应答式反应,带来摄氧能力、高强度持续奔跑能力、力量水平等方面的提高;而对团体性项目运动员来说,这种高负荷训练还可以强化与队友的配合。此外,当运动员能够接受高负荷的训练刺激时,其在比赛中的相对负荷也会相对降低。因此一定范围的高负荷可有效提高运动员的体能储备,使来自训练和比赛中的压力大大减轻,从而降低机体的损伤风险^[8,13,42-43]。而负荷-损伤悖论也是科学训练的强有力说明,即在实现对机体进行充分改造和在有效控制损伤风险之间,负荷水平应处于某一特定范围。

4 小结

科学训练的本质是通过适宜负荷诱导机体产生最佳适应,运动负荷在使机体发生定向改造以适应专项特征的同时也使运动员罹患运动损伤的风险发生变化。运动负荷与损伤风险存在一定的相关性,通过对负荷的合理管理可有效控制损伤风险。从负荷



累积的角度来看,绝对负荷可以较清晰表现出机体已承受负荷与已发生损伤间的关系。当选取一个较小的时间尺度时,绝对负荷展现出一个安全阈值;选取一个较长的时间尺度时,绝对负荷展现出一个安全范围。从负荷变化的角度来看,相对负荷可以对接下来一段时间内的损伤风险做出预测,其中以急慢性负荷比的敏感性最为突出。为了降低损伤风险,在训练安排时应避免长时间使用较低水平负荷或使用极高水平负荷,以及避免负荷的过快增长。

目前关于运动负荷与损伤风险关系的研究仅局限于少部分的运动项目和少部分的运动员,众多研究者之间采取的损伤界定标准、负荷指标选取等方面并不一致,且研究设计多为队列研究。未来的研究应纳入更多的运动项目以及更多的运动员,采用大规模的随机对照实验,探索更完善的损伤界定标准和更有效的负荷指标,从而进一步揭示运动负荷与损伤风险的关系。

参考文献:

- [1] Timpka T, Jacobsson J, Bickenbach J, et al. What is a sports injury?[J]. Sports Medicine (Auckland, N Z),2014, 44(4):423-428.
- [2] Smith D J. A framework for understanding the training process leading to elite performance[J]. Sports Medicine, 2003, 33(15):1103-1126.
- [3] Eirale C, Tol J L, Farooq A, et al. Low injury rate strongly correlates with team success in Qatari professional football [J]. British Journal of Sports Medicine, 2013, 47(12): 807-808.
- [4] Meeuwisse W H, Tyreman H, Hagel B, et al. A dynamic model of etiology in sport injury: The recursive nature of risk and causation[J]. Clinical Journal of Sport Medicine, 2007, 17(3):215-219.
- [5] Windt J, Gabbett T J. How do training and competition workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model[J]. British Journal of Sports Medicine, 2017, 51 (5):428-435.
- [6] Gabbett T J, Whyte D G, Hartwig T B, et al. The relationship between workloads, physical performance, injury and illness in adolescent male football players[J]. Sports Medicine, 2014, 44(7):989-1003.
- [7] 田麦久,刘大庆.运动训练学[M].北京:人民体育出版社,2012:40-50.
- [8] 袁鹏,周苏坡.运动负荷监控方法研究进展[J].体育学研究,2018,1(6):74-87.
- [9] Soligard T, Schwellnus M, Alonso J M. Infographic. International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury: How much is too much? [J]. British Journal of Sports Medicine, 2016, 50(17):1042.
- [10] Drew M K, Finch C F. The relationship between training load and injury, illness and soreness: A systematic and literature review[J]. Sports Medicine, 2016, 46(6):861-883.
- [11] Lyman S, Fleisig G S, Andrews J R, et al. Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers[J]. American Journal of Sports Medicine, 2002, 30(4):463-468.
- [12] Wheeler K, Kefford T, Mosler A, et al. The volume of goal shooting during training can predict shoulder soreness in elite female water polo players[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2013, 16(3):255-258.
- [13] Hulin B T, Gabbett T J, Caputi P, et al. Low chronic workload and the acute: Chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: A two-season prospective cohort study in elite rugby league players[J]. British Journal of Sports Medicine, 2016, 50 (16):1008-1012.
- [14] Visnes H, Bahr R. Training volume and body composition as risk factors for developing jumper's knee among young elite volleyball players[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2013, 23(5):607-613.
- [15] Rogalski B, Dawson B, Heasman J, et al. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers [J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2013, 16 (6):499-503.
- [16] Dennis R, Farhart P, Clements M, et al. The relationship between fast bowling workload and injury in first-class cricketers: A pilot study[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2004, 7(2):232-236.
- [17] Dennis R J, Finch C F, Farhart P J. Is bowling workload a risk factor for injury to Australian junior cricket fast bowlers?[J]. British Journal of Sports Medicine, 2005, 39(11):843-846.
- [18] Dennis R, Farhart P, Goumas C, et al. Bowling workload and the risk of injury in elite cricket fast bowlers[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2003, 6(3): 359-367.
- [19] Chandler. Conditioning for Strength and Human Performance[M].Philadelphia:WoltersKluwer/LippincottWilliams & Wilkins Health, 2013:109-119.
- [20] Cross M J, Williams S, Trewartha G, et al. The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2016, 11(3):350-355.
- [21] Lyman S, Fleisig G S, Waterbor J W, et al. Longitudinal



- study of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers [J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2001, 33(11):1803-1810.
- [22] Orchard J W, Blanch P, Paoloni J, et al. Cricket fast bowling workload patterns as risk factors for tendon, muscle, bone and joint injuries[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2015, 49(16):1064-1068.
- [23] Colby M J, Dawson B, Heasman J, et al. Accelerometer and GPS-derived running loads and injury risk in elite Australian footballers[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2014, 28(8):2244-2252.
- [24] Gabbett T J. The training-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder?[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(5):273-280.
- [25] Drew M K, Cook J, Finch C F. Sports-related workload and injury risk: Simply knowing the risks will not prevent injuries: Narrative review[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(21):1306-1308.
- [26] Piggott B, Newton M, McGuigan M. The relationship between training load and incidence of injury and illness over a pre-season at an Australian Football League Club [J]. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 2009, 17(3):4-17.
- [27] Orchard J W, James T, Portus M, et al. Fast bowlers in cricket demonstrate up to 3- to 4-week delay between high workloads and increased risk of injury[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2009, 37(6):1186-1192.
- [28] Hughes C. Sports Injury Prevention and Rehabilitation [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2002, 34(6):1055.
- [29] Orchard J W, Blanch P, Paoloni J, et al. Fast bowling match workloads over 5-26 days and risk of injury in the following month[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2015, 18(1):26-30.
- [30] Hulin B T, Gabbett T J, Blanch P, et al. Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers[J]. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 2014, 48(8):708.
- [31] Gibson M H, Pettitt R. *Science and Practice of Strength Training*[M]. Champaign: Human Kinetics, 2006:15-16.
- [32] Blanch P, Gabbett T J. Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute: Chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(8):471-475.
- [33] Carey D L, Blanch P, Ong K L, et al. Training loads and injury risk in Australian football-differing acute: Chronic workload ratios influence match injury risk[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(16): 1215-1220.
- [34] Menaspà P. Are rolling averages a good way to assess training load for injury prevention?[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(7):618-619.
- [35] Williams S, West S, Cross M J, et al. Better way to determine the acute: Chronic workload ratio?[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(3):209-210.
- [36] Murray N B, Gabbett T J, Townshend A D, et al. Calculating acute: Chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(9):749-754.
- [37] Eckard T G, Padua D A, Hearn D W, et al. The relationship between training load and injury in athletes: A systematic review[J]. *Sports Medicine*, 2018, 48(8): 1929-1961.
- [38] Hulin B T. The never-ending search for the perfect acute: Chronic workload ratio: What role injury definition?[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(13):991-992.
- [39] Windt J, Gabbett T J, Ferris D, et al. Training load: Injury paradox: Is greater preseason participation associated with lower in-season injury risk in elite rugby league players?[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(8):645-650.
- [40] Ehrmann F E, Duncan C S, Sindhusake D, et al. GPS and injury prevention in professional soccer[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2016, 30(2): 360-367.
- [41] Hulin B T, Gabbett T J, Lawson D W, et al. The acute: Chronic workload ratio predicts injury: High chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(4):231-236.
- [42] Gabbett T J, Domrow N. Risk factors for injury in subelite rugby league players[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2005, 33(3):428-434.
- [43] Gabbett T J, Ullah S, Finch C F. Identifying risk factors for contact injury in professional rugby league players: Application of a frailty model for recurrent injury[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2012, 15(6): 496-504.

(责任编辑:刘畅)