



平衡能力训练在下肢运动损伤预防及康复中的应用研究

Study on Application of Balance Training in the Prevention and Rehabilitation of Lower Limbs Sports Injury

魏智丰, 王子朴*, 杜承润, 孙 辉

WEI Zhifeng, WANG Zipu*, DU Chengrun, SUN Hui

摘要: 通过整理分析国内外平衡能力训练的相关文献,在厘清平衡能力概念、特征、分类、评估方法及训练方式的基础上,深入分析平衡能力训练在下肢运动损伤预防及康复过程中的应用价值。结论:1)在预防方面,平衡能力训练可有效降低运动员踝关节和膝关节前交叉韧带的损伤风险;2)在康复方面,平衡能力训练可有效解决损伤或术后膝、踝关节本体感觉功能缺失问题,促进关节本体感觉的恢复;3)应进一步巩固与发展平衡能力训练在下肢运动损伤预防及康复中的应用价值,并从专项特征角度出发,不断丰富平衡能力训练的方法体系。

关键词: 平衡能力训练;本体感觉训练;下肢运动损伤;预防;康复

Abstract: By systematically collecting and scanning a large number of relevant documents and books on balance ability training on the domestic and foreign, this study analyzes the application value of balance training in the prevention and rehabilitation of lower limbs sports injuries on the basis of clarifying the concept, characteristics, classification, evaluation methods and training methods of balance ability. The results show that: 1) In terms of prevention, balance training can effectively reduce the risk of athletes' ankle joint injury and anterior cruciate ligament injury. 2) In terms of rehabilitation, balance training can effectively solve the declines of knee and ankle joint proprioception function after injuries or surgery and promote the recovery of joint proprioception. 3) It seems important to further consolidate and develop the application value of balance training in the prevention and rehabilitation of lower limbs sports injuries. To the perspective of specific characteristics, the method system of balance training should be continuously enriched.

Keywords: *balance ability training; proprioception training; lower limbs injury; prevention; rehabilitation*

中图分类号:G804.6 **文献标识码:**A

竞技体育中,损伤不仅阻碍运动员运动水平的发挥,还会对运动员的身体健康产生严重影响。国外研究中,平衡能力评估在预测下肢运动损伤风险方面的价值已得到证实(Plisky et al., 2006),平衡能力训练在下肢运动损伤预防及康复中的应用得到了广泛关注,国内平衡能力研究集中在中老年人健康层面,鲜见于竞技体育领域。本研究通过整理分析国内外平衡能力训练的相关文献,在厘清平衡能力概念、特征、分类、评估方法及训练方式的基础上,探讨平衡能力训练在下肢运动损伤预防及康复中的应用价值。

1 平衡能力概述

1.1 平衡能力的概念、特征及分类

基金项目:

北京市朝阳区科技计划项目
(CYSF2123)

第一作者简介:

魏智丰(1996-),男,在读博士研究生,主要研究方向为青少年身体运动功能训练,E-mail:weizhifeng013@163.com。

*通信作者简介:

王子朴(1969-),男,教授,博士研究生导师,主要研究方向为体育人文社会学和体育经济学,E-mail:wangzipu@cupes.edu.cn。

作者单位:

首都体育学院,北京 100191
Capital University of Physical Education and Sports, Beijing 100191, China.

平衡源自力学领域,是一个综合性概念,指作用于物体上的所有力之合力为0时物体所处的一种状态,即平衡态(徐维耀,1988)。在体育领域,平衡能力是人体重要的生理机能,指人体在运动或受到外力作用时,能够自动调整并维持身体姿势,将重心维持在身体支撑面以内的能力(刘阳,2007)。

虽然在不同学科领域“平衡”一词的含义有所区别,但均存在共性的特征:1)平衡是指事物的所有要素之间达到的一种内部均衡及协调的状态;2)平衡是动态的,诸要素既独立又统一,缺少任一都会导致状态失衡。

平衡分为静态平衡和动态平衡。静态平衡是指维持人体重心与姿势相对静止的姿势控制能力,维持静态平衡时,肌肉呈等长收缩的状态(南登昆,2001)。动态平衡

是指人体从动态转变到静态过程中保持姿势平衡的能力(Ross et al., 2004),分为自动态平衡和他动态平衡,其区别在于主动与被动:自动态平衡是指自主变换身体姿势时达到的平衡,他动态平衡是指在外界环境干扰下迅速恢复稳定状态的能力。

1.2 平衡能力的训练方式

1.2.1 躯干稳定性训练

运动过程中,上肢、躯干和下肢的协同配合是保证整个身体姿势平衡的重要途径,其中躯干支柱是连接上下肢运动的枢纽。躯干支柱力量训练强调增强肩带、脊柱和骨盆稳定性的动作练习,以保证动力链支点的稳定性,提高动力传递效能(王雄等,2014)。杜承润等(2020)总结了躯干稳定性训练方式(表1)。

表1 躯干稳定性训练方式

Table 1 Trunk Stability Training Methods

分类	进阶形式	身体姿势	负荷性质
肩部	用力:静力练习→动力练习 关节参与:少→多 支撑面:稳定→不稳定	俯卧、站姿	自身体质量 ↓
脊柱	支撑点:逐渐减少 维度:单维→多维 器械:有或无器械	俯卧、仰卧、侧卧、跪姿	自由重量 ↓
髋部	对称→不对称	仰卧、侧卧、跪姿	对抗不同阻力

1.2.2 下肢稳定性训练

下肢稳定性训练包括膝关节和踝关节两部分(表2)。膝关节稳定性训练应结合专项特征,采用开链运动与闭链运动相结合的运动方式,对处于康复期的运动员来说,稳定性训练应以闭链运动为主。进行膝关节稳定性训练时,应以膝关节承受部分压力为主,同时避免过度的膝部

外翻动作。踝关节稳定性训练应以闭链运动为主,平衡盘、平衡板等是常用训练器械,康复后期的不稳定训练以平衡垫训练为主,通过提升外翻肌和内翻肌肉的力量增强踝关节稳定性。值得注意的是,赤脚进行踝关节稳定性训练效果更好。

表2 下肢稳定性训练方式

Table 2 Lower Limbs Stability Training Methods

分类	运动方式	进阶方式	身体姿势	特征
膝关节	开链运动	支撑面积:双脚→单脚 支撑面:稳定→不稳定 视觉:睁眼→闭眼	站姿、分腿姿、专项姿势	脚部姿势固定的闭链运动 开链运动(走、跳)过渡至闭链运动 膝部承受压力为主
踝关节	闭链运动	睁眼:增加双重任务 ^① 或 外界干扰 ^② 闭眼:增加外界干扰	站姿、专项姿势	赤脚进行;支撑面非稳定为主

注:①在维持关节稳定的前提下结合球类(抛球、接球、运球等)或标志桶(多方向伸展)等完成多项任务;②通过弹力带牵拉非支撑腿、增加身体对抗等方式增加训练难度。

1.3 平衡能力评估方法

体育运动中,平衡能力评估不仅可以有效反映运动员静、动态条件下的姿势控制能力,还能够有效诊断运动员的神经肌肉控制缺陷和损伤风险。目前,主要的平衡能力评估方法包括闭眼单腿站立测试、星形偏移平衡测

试(star excursion balance test, SEBT)、Y平衡测试(Y-balance test, YBT)和平衡仪测试(表3)。

2 平衡能力训练在下肢运动损伤预防中的应用

2.1 踝关节损伤的预防

下肢运动损伤中,踝关节损伤最为常见,不仅会破坏踝关节的组织结构,还会对其功能造成严重影响。在国外,平衡能力评估在预测踝关节损伤风险中的价值已得到证实。有研究发现,平衡能力差的运动员在赛季中出现踝关节损伤的风险是普通运动员的2~7倍(Hrysomalis et al., 2007; Tropp et al., 1984)。在赛季前评估运动员的平衡能力,可以有效预测赛季中运动员踝关节的损伤

风险(Halabchi et al., 2016; Henry et al., 2016)。探究其原理发现,平衡能力评估可反映运动员的神经肌肉控制能力,当神经肌肉控制能力不足时,踝关节损伤的风险将会增高(Wang et al., 2006)。另外,SEBT能有效反映运动员身体两侧功能的对称性。当运动员两腿向前最大伸展距离的差异超过4 cm时,踝关节损伤的风险将会增加(Plisky et al., 2006)。

表3 平衡能力评估方法

Table 3 Balance Ability Assessment Methods

评估方法	评估对象	工具	测试要求	测试内容	评估指标
闭眼单腿站立	静态平衡能力	秒表	非支撑腿屈膝抬高,小腿贴靠在支撑腿膝部	记录非支撑脚自离开地面至落地的时间	单腿支撑时间
星形偏移平衡测试(SEBT)	动态平衡能力	量角尺 直尺 皮尺 胶带	重心始终保持在支撑脚上,脚跟不得抬起;每个方向测试时间不低于1s;测试过程始终保持姿势稳定	记录非支撑腿尽力向前、右前、右、右后、后、左后、左和左前8个方向伸展的最远距离	各方向标准化伸展距离:最大伸展距离/腿长 $\times 100\%$;单侧腿标准化伸展总成绩:非支撑腿各方向最大伸展距离之和/(腿长 $\times 8$) $\times 100\%$
Y平衡测试(YBT)	动态平衡能力	Y平衡测试套装	同SEBT	记录非支撑腿尽力向前、后内侧和后外侧方向伸展的最远距离	各方向标准化伸展距离:最大伸展距离/腿长 $\times 100\%$;单侧腿标准化伸展总成绩:非支撑腿各方向最大伸展距离之和/(腿长 $\times 3$) $\times 100\%$
平衡仪测试	静、动态平衡能力	静态、动态平衡仪	依据实际仪器评估要求和标准执行	静态平衡能力;动态平衡能力	静态姿势图中的摆幅、摆速和功率谱等;综合动摇指数、前-后动摇指数、中间-侧方动摇指数(不同仪器存在差异)

在踝关节损伤预防方面,国外学者探索了平衡能力训练预防运动员踝关节损伤的价值,发现训练能够有效降低踝关节损伤的发生率。McGuine等(2006)探究了平衡训练在预防踝关节损伤中的效果,通过对没有踝关节损伤史的运动员实施简单的平衡训练计划,降低了运动员踝关节损伤的发生率。Riva等(2016)对职业篮球运动员开展了为期6年(每2年为1个阶段,3个阶段中平衡训练的强度和量度不同)的实证研究,发现平衡能力训练不但有效降低了踝关节、腰部和膝关节的损伤风险,而且明显提高了运动员的身体稳定性、专项技术和运动控制能力。

探究平衡能力训练降低踝关节损伤的原理可知,平衡能力训练能够提高运动员的神经肌肉控制能力,改善运动员踝关节的稳定性,降低运动员优势腿和非优势腿在姿势控制能力与肌肉力量方面的差异(Sannicandro et al., 2014),故在降低踝关节损伤风险方面发挥了重要价值。在生物力学层面,Myer等(2006)和Nagano等(2011)研究发现,平衡能力训练改变了运动员下肢冠状面的力学参数,减少了运动过程中运动员踝关节的外翻情况,明显降低了运动员着地时对地面的冲击力量。这些生物力学特征的改变,在预防踝关节损伤方面发挥了重要的作用。

2.2 膝关节损伤的预防

竞技体育中,前交叉韧带(anterior cruciate ligament,

ACL)损伤是膝关节损伤中最严重的损伤类型。出现ACL损伤后,运动员需要经历长时间的恢复,且医治费用非常高。如果损伤后没有得到及时、科学的治疗,大概率会造成膝关节不稳和慢性膝关节疾病,对运动员的运动生涯产生直接的影响。在膝关节ACL损伤的危险因素方面,张美珍(2012)和周志鹏(2018)从生物力学的角度探讨发现,着地瞬间较小的膝关节曲角、较大的地面反作用力和膝外翻角与伸膝力矩、较高的股内侧肌预激活水平和后激活阶段股四头肌/腘绳肌共激活水平是ACL损伤的主要危险因素。不可忽视的是,性别、动作和项目均会对ACL损伤产生影响。

国外学者探究了平衡能力训练在预防ACL损伤中的价值,发现平衡能力训练能够有效降低膝关节ACL损伤的发生率。Caraffa等(1996)对半职业和业余足球队运动员进行了追踪性研究,实验对象排除了存在膝关节损伤史的运动员,发现为期3个赛季的平衡能力训练对ACL损伤起到积极的预防效果,平衡训练组运动员的ACL损伤率较对照组降低近7倍。Myklebust等(2003)对职业女子手球运动员实施了平衡能力训练计划,发现平衡能力训练在预防ACL损伤方面起到了积极的效果。

通过平衡能力训练,运动员在单脚完成动态稳定训练时,膝关节的外翻情况明显减少,完成起跳落地时膝关节的屈曲度也得以提高,还降低了落地时对地面的冲击

力量(Myer et al., 2006; Nagano et al., 2011)。这些生物力学特征的改变,降低了膝关节 ACL 损伤的风险。

3 平衡能力训练在下肢运动损伤康复中的应用

3.1 踝关节损伤的康复

由扭伤引发的踝关节肿胀、炎症、活动度和本体感觉功能减退(Lephart et al., 1997),会进一步导致运动员踝关节稳定性和姿势控制能力的下降。值得注意的是,运动员首次出现踝关节扭伤后,若没有得到及时、有效的康复治疗,过早重返赛场,即使踝关节的组织结构得以康复,但仍然存在较高的再次损伤风险(McKay et al., 2001)。这是由于踝关节扭伤后关节功能没有得到完全恢复。

本体感觉功能的减退是踝关节损伤复发的主要原因。本体感觉是关节运动觉和位置觉的一种特殊感觉形式,其主要功能包括感知关节的位置觉和运动觉,本体感觉的传入是有效维持关节稳定性的基础(Riemann et al., 2002)。踝关节扭伤会导致踝关节感觉输入减少(Freeman et al., 1965),降低踝关节的位置觉和姿势反射功能(Gross, 1987),影响运动员踝关节的稳定性。休息、冰敷、压迫和患侧抬高等是踝关节扭伤急性期康复治疗的主要手段,这些手段虽然在缓解踝关节疼痛、促进结构恢复和增加关节活动度方面起到积极效果,但并不能促进运动员踝关节本体感觉功能的完全恢复。

平衡能力训练能够有效促进踝关节本体感觉功能的恢复,降低运动员踝关节损伤的复发率。De Vasconcelos 等(2018)系统综述了平衡训练对运动员踝关节本体感觉功能和踝关节损伤发生率的影响,发现平衡能力训练显著改善了运动员踝关节的位置觉,提升了动态神经肌肉控制能力,显著降低了踝关节损伤的风险。Eils 等(2010)通过实证研究探讨了多站本体感觉训练对降低踝关节损伤风险的效果,发现平衡能力训练改变了神经肌肉表现,提升了踝关节的本体感觉功能,降低了损伤发生率。探究平衡能力训练在踝关节损伤康复中的价值,可以发现平衡能力训练有效改善了踝关节周围中断的本体感觉传入通路和保护性机制,促进了关节本体感觉功能的恢复(Ergen et al., 2008),进而降低了运动员踝关节损伤的复发风险。

3.2 膝关节损伤的康复

ACL 损伤和半月板损伤是膝关节损伤中常见的类型,它们不仅会导致运动员膝关节疼痛,关节结构受损,还会严重影响运动员膝关节的本体感觉功能,导致膝关节本体感觉信息输入的减少。膝关节 ACL 和半月板中分布有丰富的本体感受器,本体感觉功能的减退会改变运动员运动时膝关节的生物力学特征,导致膝关节出现渐进性的动力性不稳和功能障碍,进而影响膝关节的运动功能(张弛等, 2000; Musahl et al., 2016)。

当运动员出现严重的 ACL 损伤和半月板损伤时,膝

关节韧带重建和半月板部分切除手术是常用的治疗手段。手术治疗虽然能够有效改善患处组织结构的异常,但在促进膝关节运动功能恢复方面效果甚微,手术后实施科学的康复训练是保障膝关节运动功能得到有效恢复的重要环节。在康复训练过程中,关节活动度和肌肉力量的恢复常被作为康复训练的重点内容。膝关节损伤康复的标准不仅包括关节活动度或肌肉力量,本体感觉功能的恢复也是膝关节运动功能康复的重要标准(Barcia et al., 2012)。江海燕等(2002)认为,肌肉力量训练只能部分恢复膝关节的本体感觉功能,完全恢复还需通过专门的本体感觉训练才能实现。

以提升膝关节本体感觉功能为主的平衡能力训练是膝关节损伤后和术后本体感觉功能康复训练的关键组成部分。蒋拥军等(2011)运用静态平衡测试系统对比了平衡促进训练和常规康复训练对膝关节 ACL 重建术后患者膝关节本体感觉功能的恢复效果,发现平衡促进训练方案更好地提升了患者膝关节的本体感觉功能。李玉周等(2014)探讨了常规康复处方与本体感觉加强处方对膝关节半月板术后患者本体感觉和等张功率的影响,通过 8 周本体感觉加强处方训练发现,与常规康复处方训练组相比,本体感觉加强训练组患者膝关节的本体感觉功能得到更为显著的改善。郝文博等(2017)研究了平衡能力训练对膝关节韧带细胞增殖的影响。通过平衡能力训练,膝关节韧带细胞的增殖加快,不仅促进了韧带结构的恢复,对膝关节功能恢复也起到显著的效果。以恢复膝关节本体感觉功能为主的平衡能力训练有效地刺激了膝关节周围组织的机械感受器,使得机械感受器的敏感程度得以提升,改善了运动员膝关节的位置觉和神经肌肉控制能力,进而提升运动员的姿势稳定性(马燕红等, 2005; Akbari et al., 2015)。

4 结论

1)平衡能力训练能够有效降低运动员踝关节和膝关节 ACL 的损伤风险。通过平衡能力训练,运动员运动时膝、踝关节的生物力学特征得到改善,关节的稳定性、姿势控制能力也得到显著增强。平衡能力训练还降低了运动员身体左右肢体之间的功能差异,从而有效防止了膝、踝关节的运动损伤。

2)平衡能力训练可有效促进运动员膝、踝关节损伤或术后本体感觉功能的恢复。平衡能力训练不仅解决了运动员膝、踝关节本体感觉功能的减退问题,还增强了运动员的姿势控制能力和关节稳定性,有效防止了膝、踝关节损伤的复发及功能障碍的形成。

3)平衡能力训练为运动员膝、踝关节损伤的预防和康复提供了新思路。未来,应进一步巩固与发展平衡能力训练在下肢运动损伤预防及康复中的应用,并从专项

特征角度出发,不断丰富平衡能力训练的方法体系。

参考文献:

- 杜承润,王子朴,2020.自由式滑雪U型场地项目运动员专项体能训练内容与方法探索[J].山东体育学院学报,36(4):88-94.
- 郝文博,任立峰,武斌,2017.本体感觉训练促进膝关节损伤后韧带细胞增殖研究[J].科学技术与工程,17(13):131-135.
- 江海燕,于法景,2002.膝关节常见运动创伤术后康复方案:总论(下)[J].中国运动医学杂志,21(5):527-532.
- 蒋拥军,李克军,王雪冰,2011.平衡促进训练对膝关节前交叉韧带损伤重建术后患膝本体感觉的影响[J].中国康复医学杂志,26(3):251-253,267.
- 李玉周,王蕊,胡英琪,等,2014.8周不同处方训练对半月板术后患者膝关节本体感觉和等张功率的影响[J].北京体育大学学报,37(5):72-76.
- 刘阳,2007.人体平衡能力测试方法及平衡能力训练的研究进展[J].沈阳体育学院学报,26(4):75-77.
- 马燕红,程安龙,白跃宏,等,2005.膝前交叉韧带重建术后本体感觉促进训练对膝关节位置觉的影响[J].中国临床康复,9(10):16-17.
- 南登昆,2001.康复医学[M].北京:人民卫生出版社:47-48.
- 王雄,沈兆喆,2014.身体功能训练动作手册[M].北京:人民体育出版社:36.
- 徐维耀,1988.平衡理论与体育的发展[J].武汉体育学院学报,(4):4-8.
- 张弛,王惠芳,2000.膝关节本体感觉康复研究的进展[J].中华物理医学与康复杂志,22(6):52-54.
- 张美珍,2012.非接触性前交叉韧带损伤危险因素的生物力学研究[D].北京:北京体育大学.
- 周志鹏,2018.神经肌肉功能与前交叉韧带损伤生物力学危险因素的相关性研究[D].北京:北京体育大学.
- AKBARI A, GHIASI F, MIR M, et al., 2015. The effects of balance training on static and dynamic postural stability indices after acute ACL reconstruction[J]. *Global J Health Sci*, 8(4):68-81.
- BARCIA A M, KOZLOWSKI E J, TOKISH J M, 2012. Return to sport after meniscal repair[J]. *Clin Sports Med*, 31(1):155-166.
- CARAFFA A, CERULLI G, PROJETTI M, et al., 1996. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 4(1):19-21.
- DE VASCONCELOS G S, CINI A, SBRUZZI G, et al., 2018. Effects of proprioceptive training on the incidence of ankle sprain in athletes: Systematic review and meta-analysis [J]. *Clin Rehabil*, 32(12):1581-1590.
- EILS E, SCHRÖTER R, SCHRÖDER M, et al., 2010. Multistation proprioceptive exercise program prevents ankle injuries in basketball[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11):2098-2105.
- ERGEN E, ULKAR B, 2008. Proprioception and ankle injuries in soccer[J]. *Clin Sports Med*, 27(1):195-217.
- FREEMAN M A, DEAN M R, HANHAM I W, 1965. The etiology and prevention of functional instability of the foot[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 47(4):678-685.
- GROSS M T, 1987. Effects of recurrent lateral ankle sprains on active and passive judgements of joint position [J]. *Phys Ther*, 67(10):1505-1509.
- HALABCHI F, ANGOORANI H, MIRSHAHI M, et al., 2016. The prevalence of selected intrinsic risk factors for ankle sprain among elite football and basketball players [J]. *Asian J Sports Med*, doi: 10.5812/asjism.35287.
- HENRY T, EVANS K, SNODGRASS S J, et al., 2016. Risk factors for noncontact ankle injuries in amateur male soccer players: A prospective cohort study [J]. *Clin J Sport Med*, 26(3):251-258.
- HRYSOMALLIS C, MCLAUGHLIN P, GOODMAN C, 2007. Balance and injury in elite Australian footballers [J]. *Int J Sports Med*, 28(10):844-847.
- LEPHART S M, PINCIVERO D M, GIRALDO J L, et al., 1997. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries [J]. *Am J Sports Med*, 25(1):130-137.
- MCGUINE T A, KEENE J S, 2006. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes [J]. *Am J Sports Med*, 34(7):1103-1111.
- MCKAY G D, GOLDIE P A, PAYNE W R, et al., 2001. Ankle injuries in basketball: Injury rate and risk factors [J]. *Br J Sports Med*, 35(2):103-108.
- MUSAHL V, RAHNEMAI-AZAR A A, COSTELLO J, et al., 2016. The influence of meniscal and anterolateral capsular injury on knee laxity in patients with anterior cruciate ligament injuries [J]. *Am J Sports Med*, 44(12):3126-3131.
- MYER G D, FORD K R, MCLEAN S G, et al., 2006. The Effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics [J]. *Am J Sports Med*, 34(3):445-455.
- MYKLEBUST G, ENGBRETSSEN L, BRAEKKEN I H, et al., 2003. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: A prospective intervention study over three seasons [J]. *Clin J Sport Med*, 13(2):71-78.
- NAGANO Y, IDA H, AKAI M, et al., 2011. Effects of jump and balance training on knee kinematics and electromyography of female basketball athletes during a single limb drop landing: Pre-Post intervention study [J]. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, doi: 10.1186/1758-2555-3-14.
- PLISKY P J, RAUH M J, KAMINSKI T W, et al., 2006. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 36(12):911-919.
- RIEMANN B L, LEPHART S M, 2002. The sensorimotor system, part II: The role of proprioception in motor control and functional joint stability [J]. *J Athl Train*, 37(1):80.
- RIVA D, BIANCHI R, ROCCA F, et al., 2016. Proprioceptive training and injury prevention in a professional men's basketball team: A six-year prospective study [J]. *J Strength Cond Res*, 30(2):461-475.
- ROSS S E, GUSKIEWICZ K M, 2004. Examination of static and dynamic postural stability in individuals with functionally stable and unstable ankles [J]. *Clin J Sport Med*, 14(6):332-338.
- SANNICANDRO I, COFANO G, ROSA A, et al., 2014. Balance training exercises decrease lower-limb strength asymmetry in young tennis players [J]. *J Sports Sci Med*, 13(2):397-402.
- TROPP H, EKSTRAND J, GILLQUIST J, 1984. Stabilometry in functional instability of the ankle and its value in predicting injury [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 16(1):64-66.
- WANG H K, CHEN C H, SHIANG T Y, et al., 2006. Risk-factor analysis of high school basketball-player ankle injuries: A prospective controlled cohort study evaluating postural sway, ankle strength, and flexibility [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 87(6):821-825.

(收稿日期:2021-02-24; 修订日期:2022-04-27; 编辑:尹航)