本体感觉神经促进技术联合核心稳定性训练对功能性踝关节不稳患者下肢功能康复的影响

孙孟凡 扈盛

【摘要】 目的 观察本体感觉神经促进技术(PNF)联合核心稳定性训练对功能性踝关节不稳(FAI)患者下肢功能康复的影响。**方法** 选取 FAI 患者 20 例,按随机数字表法分为实验组和对照组,每组患者 10 例。2 组患者均采用常规康复训练,对照组在此基础上增加踝关节肌力训练和本体感觉训练;实验组则在常规康复训练的基础上增加 PNF 联合核心稳定性训练。2 组患者均于治疗前和治疗 12 次后(治疗后)采用 Cumberland 踝关节不稳评价问卷(CAIT)、踝关节等速向心肌力测试、踝关节本体感觉测试、星形偏移平衡测试(SEBT)进行评定。**结果** 治疗后,2 组患者的 CAIT 评分与组内治疗前比较差异均有统计学意义($P<0.01$),且实验组治疗后的 CAIT 评分与对照组比较,差异亦有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,2 组患者的踝关节等速肌力测试、本体感觉测试与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,实验组 SEBT 测试各项数值与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且实验组治疗后的外后(PLAT)、后(POST)、内后(PMED)、内(Medial, MED)、内前(AMED)5 个方向上 SEBT 测试数值与对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** PNF 联合核心稳定性训练可改善 FAI 患者踝关节的功能(肌力和本体感觉)和下肢动态平衡能力。

【关键词】 功能性踝关节不稳; 康复训练; 本体感觉神经促进技术; 核心训练

Proprioceptive neuromuscular facilitation combined with core stability training can help relieve functional ankle instability Sun Mengfan, Hu Sheng. Sports Rehabilitation Research Center, Wuhan Sports College, Wuhan 430079, China

Corresponding author: Hu Sheng, Email: 9260629@qq.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) technology combined with core stability training on the rehabilitation of patients with functional ankle instability (FAI). **Methods** Twenty FAI patients were randomly divided into an experimental group and a control group, each of 10. The control group was given routine rehabilitation together with ankle strengthening training and proprioception training. The experimental group was provided with PNF combined with core stability training in addition to the routine rehabilitation. Before and after the 12 training sessions, both groups were evaluated using the Cumberland ankle instability tool (CAIT). The strength of their ankle flexors and extensors was measured in isokinetic concentric contraction, ankle proprioception was tested and the star excursion balance test (SEBT) was administered. **Results** Before the intervention there were no significant inter-group differences in any of the measurements. Afterward, significant improvements were observed in the first three tests, with the experimental group's average improvement significantly better than that of the control group. All of the SEBT measurements were significantly better than before the treatment, with significant differences between the two groups in the posterolateral, posterior, posteromedial, medial and antero-medial directions. **Conclusion** PNF technology combined with core stability training can improve ankle strength and proprioception and the dynamic balance of FAI patients.

【Key words】 Ankles; Instability; Proprioceptive neuromuscular facilitation; Core strength

踝关节扭伤是体育运动中最常见的运动性损伤,研究发现,约 30%~78% 的患者会在初次扭伤后再次复发^[1]。这种频繁的踝关节扭伤既可造成、也可归因于慢性踝关节不稳(chronic ankle instability, CAI),若处理不当会进一步引起退变性骨关节炎。慢性踝关节

不稳在临床上分为功能性踝关节不稳(functional ankle instability, FAI)和机械性踝关节不稳定(mechanical ankle instability, MAI)。功能性不稳是指神经、肌肉功能异常导致的主观感觉的不稳定,关节活动范围没有异常;而机械性不稳是指踝关节的生理结构受损,一般指韧带损伤和(或)关节超出活动范围。

研究表明,FAI 患者存在踝关节肌力不足^[3]、本体感觉降低^[4]、下肢神经肌肉控制改变^[5]和运动控制模

式异常^[6]等。由于 FAI 不存在明显的器质性改变,因此通过康复训练的手段恢复功能性的缺陷就成为了目前治疗 FAI 的主要手段。研究证明,踝关节肌力训练和本体感觉训练对治疗 FAI 有良好的促进作用^[7-8],两者相结合则效果更佳^[9]。以往关于 FAI 的临床康复研究主要集中于踝关节局部的功能改善,较少关注下肢整体功能的提高。一方面,FAI 不仅造成了踝关节局部功能的缺失,同时还存在下肢髌、膝、踝整体功能的改变^[5-6];另一方面,人体在进行功能活动时,是多关节进行的复合运动,整体功能的协调发展对预防下肢踝关节扭伤有着重要意义^[10]。本研究采用本体感觉神经促进技术(proprioceptive neuromuscular facilitation,PNF)技术联合核心稳定训练治疗 FAI,取得了满意疗效。

资料与方法

一、一般资料

纳入标准^[11]:①过去 1 年内,单侧踝关节至少有 1 次明显的踝关节外侧韧带扭伤,导致此脚无法承重,或者需要使用拐杖;②下肢并无重大伤害,且踝关节未骨折;③患侧脚至少 1 次重复性扭伤或者曾经有踝关节有不稳定的感觉或存在无力感(giving way);④受伤脚踝未接受过正式或非正式的康复治疗;⑤前抽屉试(anterior drawer test)未发现明显的结构上的不稳定;⑥签署知情同意书。

排除标准:①合并踝关节韧带 II°(含 II°)以上损伤者;②合并骨折、关节脱位者;③合并踝关节剥脱性软骨炎者;④严重骨性关节炎、创伤性关节炎者;⑤合并风湿性疾病、代谢性疾病者。

选取武汉体育学院附属医院运动医学科 2015 年 3 月至 2016 年 7 月就诊且符合上述标准的 FAI 患者 20 例,均为武汉体育学院学生。采用随机数字表法将 20 例患者随机分为实验组和对照组,每组患者 10 例,2 组患者性别、平均年龄、平均身高、平均体重、平均下肢长等一般资料组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),详见表 1。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)
		男	女	
实验组	10	3	7	21.5±1.27
对照组	10	5	5	21.6±1.35
组别	例数	身高 (cm, $\bar{x}\pm s$)	体重 (kg, $\bar{x}\pm s$)	下肢长 (cm, $\bar{x}\pm s$)
实验组	10	167.9±3.51	60.69±5.23	86.9±3.54
对照组	10	166.5±5.6	63.4±6.2	86.5±3.63

二、康复训练方法

2 组患者均采用常规康复训练,对照组在此基础上

增加踝关节肌力训练和本体感觉训练;实验组则在常规康复训练的基础上增加 PNF 联合核心稳定性训练。

1. 常规康复训练:包括关节活动度训练、主动功能训练、关节松动手法治疗、负重、平衡功能训练等。以上训练每日 1 次,每次 45 min。

2. 踝关节肌力训练:选取 Thera-Ban 抗阻训练,患者取坐位或卧位,弹力带一端固定于前脚掌,另一端固定于运动的相反方向,踝关节分别做跖屈、背伸、内外翻等抗阻运动。每日训练 3 组,每组每个动作做 25 次,组间休息 1 min。

3. 踝关节本体感觉训练:患者取站立位,单脚站立于平衡板上,双手叉腰,支撑腿保持直立,对侧腿行屈髋和屈膝,保持身体平衡,双腿交替进行训练,每腿每组训练 40 s(睁眼 30 s+闭眼 10 s),每日训练 3 组,组间休息 1 min。

4. PNF 训练^[12]:先采用下肢屈曲模式(diagonal-2-flexion, D2-F),关节运动方式为髋关节屈曲-外展-内旋,膝关节屈曲,踝关节背屈-外翻;然后采用下肢伸展模式(diagonal-2-extension, D2-E)的关节运动方式为髋关节伸展-内收-外旋,膝关节伸展,踝关节跖屈-内翻。即受试者取仰卧位,康复治疗师将双手分别放于患者下肢前脚掌和膝盖上方作为抗阻发力点,患者根据康复治疗师的口令开始从起始位置做 D2-F 向心抗阻运动,达到终末位后,康复治疗师阻力调整到相反方向,患者做 D2-E 向心抗阻运动回到起始位置。以上动作结束后,受试者取仰卧位,康复治疗师将双手分别放于患者下肢前脚掌和膝盖上方作为抗阻发力点,患者再根据康复治疗师的口令开始从起始位置做 D2-F 向心抗阻运动,达到终末位后,康复治疗师给予的阻力方向不变,患者做 D2-E 离心抗阻运动回到起始位置。以上 2 组动作每日训练 3 组,每组训练 15 次,组间休息 1 min。

5. 核心稳定性训练:选取俯桥、侧桥、仰桥与平衡板相结合。①俯桥——患者取俯卧位,双肘屈曲支撑在地面上,肩膀和肘关节垂直于地面,双脚踩于平衡板上,身体保持一条直线,腹肌收紧。②侧桥——患者取侧卧位,单侧肘屈曲支撑在地面上,肩膀和肘关节垂直于地面,双脚踩于平衡板上,身体保持一条直线,腹肌收紧。③仰桥:患者取仰卧位,双膝屈曲支撑在平衡板上,伸髋使身体保持一条直线,臀部及下背部收紧。以上 3 个动作全部完成为 1 组,每日训练 3 组,每个动作均保持 60 s,组间休息 1 min。

以上康复训练均隔日训练 1 次,共训练 23 d,即 12 次。

三、评定标准

2 组患者均于治疗前和治疗 12 次后(治疗后)进行疗效评定,具体评定内容如下。

1. Cumberland 踝关节不稳定评价问卷 (Cumberland ankle instability tool, CAIT)^[13]: 受试者根据个人情况填写问卷, 问卷包含 9 项问题, 共 30 分, ≥ 28 分提示无功能性踝关节不稳, < 28 分提示有功能性踝关节不稳, 分值越低则稳定性越差。

2. 踝关节等速肌力测试^[3]: 采用美国产 Biodex System-4 型等速肌力测试训练系统, 根据测试需要调整仪器位置 (跖屈背伸位——动力头旋转至 90° 和倾斜 0°, 踝关节配件调节为跖屈背伸测试位, 座椅固定 90°; 内外翻位——动力头旋转至 0° 和倾斜 60°, 踝关节配件调节为内外翻测试位, 座椅固定 90°)。受试者取坐位, 按照踝关节测试体位固定躯干、大腿及足部, 对受试者进行测试程序的充分说明, 进行等速向心测试 (设置测试程序为跖屈、背伸位或内外翻位, 等速向心测试, 60°/s × 5 次), 要求受测者进行 3 次常规热身性质的收缩尝试后, 开始进行正式测试程序, 嘱咐患者在测试中进行最大重复收缩, 分别测定踝关节内外翻、跖屈、背伸肌群的等速向心运动的相对峰力矩。

3. 踝关节本体感觉测试^[14]: 采用关节主动复位方法测试踝关节的位置觉。采用 Biodex System-4 型等速肌力测试训练系统, 动力头旋转至 0° 和倾斜 60°, 踝关节配件调节为内外翻测试位, 座椅固定 90°。受试者取坐位, 按照踝关节测试体位固定躯干、大腿及足部。对受试者的测试程序进行充分说明, 进行本体感觉测试 (设置测试程序为内外翻位, 本体感觉测试, 被动运动角速度 5°/s, 目标角度为内翻 30°)。测试期间屏蔽受试者的视觉和听觉, 实验开始仪器以 5°/s 的角速度使踝关节被动运动, 达到目标角度内翻 30° 后停留 5 s, 受试者专心感觉此角度位置, 然后回到起始位置。受试者主动移动踝关节内翻, 当受试者感觉达到目标角度时告知测试人员, 测试人员按下开关停止仪器运动, 并记录受试者此时的关节角度, 重复 3 次, 计算受试者达到的角度值与目标角度值得绝对误差值并计算差值平均值。误差值越小, 则本体感觉功能越好。

4. 星形偏移平衡测试 (Star excursion balance tests, SEBT)^[11]。受试者患侧单脚站立于星状图中央, 双手掐腰, 用非支撑腿分别向 8 个方向尽可能伸远 [8 个方

向分别为, 前 (Anterior, ANT)、外前 (Anterolateral, ALAT)、外 (Lateral, LAT)、外后 (Posterolateral, PLAT)、后 (Posterior, POST)、内后 (Posteromedial, PMED)、内 (Medial, MED)、内前 (Anteromedial, AMED)]。左腿以逆时针方向, 右腿以顺时针方向依次远伸, 每次移至下一个方向前都要将腿收回, 恢复双脚站立, 并休息 3 s, 避免因疲劳影响测试结果。正式开始测试前先进行 3 次练习, 休息 5 min 后开始正式测试。分别记录受试者每一个方向非支撑腿可以伸到的最远距离并与下肢腿长 (髌前上棘到内踝的距离) 进行标准化处理, 重复测试 3 次并记录最远距离。

四、统计学分析

所有数据采用 SPSS 19.0 版统计软件进行分析, 各项数据以 ($\bar{x} \pm s$) 表示。组内治疗前、后数据比较采用配对样本 *t* 检验, 组间比较采用独立样本 *t* 检验。以 $P > 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后 CAIT 评分比较

治疗前, 2 组患者间的 CAIT 评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 治疗后, 2 组患者的 CAIT 评分与组内治疗前比较均有显著改善, 差异均有统计学意义 ($P < 0.01$), 且治疗后, 实验组的 CAIT 评分明显高于对照组治疗后 ($P < 0.05$), 详见表 2。

二、2 组患者治疗前、后等速肌力结果比较

治疗前, 2 组患者各个动作的相对峰力矩值组间比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 治疗后, 2 组患者各个动作的相对峰力矩值与组内治疗前比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 但治疗后, 2 组间各个动作的相对峰力矩值比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 详见表 2。

三、2 组患者治疗前、后本体感觉结果比较

治疗前, 2 组患者内翻位置觉组间比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 治疗后, 2 组患者内翻位置觉与组内治疗前比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 但治疗后, 2 组间内翻位置觉比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前、后 CAIT 评分、相对峰力矩值和内翻位置觉比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	CAIT (分)	相对峰力矩 (%)				内翻位置觉 (°)
			跖屈	背伸	内翻	外翻	
实验组							
治疗前	10	17.2±3.12	29.48±7.58	19.97±7.22	16.21±6.11	13.96±5.2	3.7±1.69
治疗后	10	23.1±4.7 ^{ac}	41.51±18.72 ^b	23.36±11.56 ^b	20.93±9.94 ^b	16.27±6.08 ^b	2.01±1.01 ^b
对照组							
治疗前	10	17.3±1.7	33.51±8.06	21.76±6.18	17.1±3.78	14.09±3.66	3.73±1.51
治疗后	10	20.±2.21 ^a	46.47±6.64 ^b	27.99±6.87 ^b	22.91±4.67 ^b	18.99±6.09 ^b	2.03±1.18 ^b

注: 与组内治疗前比较, ^a $P < 0.01$, ^b $P < 0.05$; 与对照组治疗后比较, ^c $P < 0.05$

表 3 2 组患者治疗前、后 SEBT 测试比较(%, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	ANT	ALAT	LAT	PLAT	POST	PMED	MED	AMED
实验组									
治疗前	10	79.95±3.24	69.3±3.46	82.57±4.01	95.12±8.24	97.84±9.86	97.89±9.5	88.77±6.64	83.77±4.63
治疗后	10	81.05±3.63 ^a	70.83±4.22 ^a	85.4±6.39 ^a	99.42±9.7 ^{ab}	102.24±8.35 ^{ab}	103.23±7.16 ^{ab}	93.02±3.89 ^{ab}	89.47±6.84 ^{ab}
对照组									
治疗前	10	76.63±3.92	66.66±2.58	81.71±6.76	93.32±5.96	96.13±5.73	97.33±6.96	85.79±7.43	83.12±4.36
治疗后	10	77.30±5.02	67.37±3.28	81.89±6.63	90.85±8.21	95.32±5.45	96.29±7.28	86.54±8.06	83.24±5.28

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

四、2 组患者治疗前、后 SEBT 测试结果比较

治疗前,2 组患者 SEBT 测试各项结果组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);治疗后,实验组患者 SEBT 测试各项结果与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且治疗后,实验组在 PLAT、POST、PMED、MED、AMED 5 个方向 SEBT 测试结果与对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 3。

讨 论

本研究结果显示,PNF 联合核心稳定性训练可显著改善 FAI 患者的 CAIT 评分、相对锋力矩值、内翻位置觉($P<0.05$),且实验组患者的 PLAT、POST、PMED、MED、AMED 5 个方向 SEBT 测试结果与组内治疗前和对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。该结果表明,常规康复训练与 PNF 和核心稳定性训练相结合可在改善踝关节肌力和本体感觉功能的基础上改善 FAI 患者的下肢动态平衡能力。

由于 FAI 存在着踝关节肌力不足、本体感觉减退等功能性缺陷,因此踝关节的肌力训练和本体感觉训练一直是治疗 FAI 的主要手段^[9]。而随着“运动链”等功能性训练理念的引入,康复训练不仅仅只关注单一关节或肌肉,而是从整体入手,更加重视整体功能的康复^[15]。有研究证明,FAI 不仅存在踝关节功能的改变,下肢膝、髋关节也会出现异常的运动模式,针对 FAI 的康复训练不仅要恢复踝关节的功能,同时应注重下肢整体的功能康复^[6]。PNF 是通过手法牵拉、提供抗阻以及应用螺旋形对角线式运动模式来促进运动功能恢复的一种治疗技术。最早,PNF 用于帮助中枢神经系统疾病的康复,后来逐渐应用于骨骼肌肉系统损伤的康复中,已知的治疗对象有脑卒中、中风偏瘫、慢性腰痛等^[12]。PNF 的螺旋形对角线式运动模式,区别于以往康复训练中只针对损伤关节进行局部训练,它强调肢体在正确的运动模式上进行训练,促进肢体整体的功能康复,对因单个关节损伤造成相邻关节出现功能异常的疾病有着独特的治疗优势^[16]。本研究根据《康复治疗技术-神经肌肉促进法》书中 PNF 结合功能性踝关节不稳的特点,利用 PNF 技术中的下肢

D2 模式结合稳定性翻转和等张组合技术,来达到改善下肢肌肉力量、增强本体感觉、促进下肢肌群协调发展的目的。核心稳定性训练是指通过使腰椎、骨盆和髋关节处在一个不稳定的平面,刺激深层小肌肉群,来达到增加核心区稳定性、提高四肢发力效率、增加身体平衡控制能力、预防下肢运动损伤的目的^[17]。目前,关于核心稳定性训练的临床研究较少,主要研究集中于通过俯桥、侧桥等核心训练来提高运动员专业技能水平或帮助脑卒中、下背痛患者的康复^[18-19]。本研究将俯桥、侧桥等动作与平衡板相结合,旨在通过不平衡的平面来锻炼躯干的小肌肉群,提高核心稳定性。

FAI 患者因为不存在明显的器质性改变,所以在诊断中,患者自我评估的意义要大于物理检查。Cumberland 踝关节不稳定评价问卷是用于评价和量化 FAI 的调查问卷,汉化后的 CAIT 有较高的信度和效度,值得推广^[12]。本研究结果可见,2 组患者的治疗方案均对 FAI 有较好的疗效,且 PNF 联合核心稳定性训练的治疗效果更佳。本课题组认为,PNF 联合核心稳定性训练区别于目前临床中常用的踝关节局部功能训练的方法,其可从整体入手,关注在实际活动中身体各关节的相互配合以及整体功能的协调发展,对改善踝关节在运动过程中的稳定性有明显的优势。

肌肉力量是保证关节稳定的基础,肌力的缺失导致关节稳定性下降,是造成 FAI 的因此之一^[3],所以测试踝关节的肌力是评价功能性踝关节不稳的重要指标。本研究结果中,2 组患者治疗后相对锋力矩组间差异均无统计学意义($P>0.05$),可能的原因是本研究仅进行了 12 次的训练,康复周期较短,而肌力的增长往往需要更长的时间。

本体感觉是人体在动态或静态活动中感觉关节位置及用力程度的能力。踝关节严重扭伤后对存在于肌肉、韧带中的本体感觉器造成损伤,从而导致本体感觉减退,被认为是功能性踝关节不稳发生的主要因素之一^[4]。本研究采用关节位置重现作为评价本体感觉功能的方法,这种方法在被国外作为本体感觉的常规测试方法之一^[20]。本研究结果显示,常规康复训练可通过单脚站立于不稳定性的平面来刺激踝关节的本体

感受器,从而达到增加踝关节本体感觉的目的;而 PNF 则是通过牵拉、抗阻、皮肤接触等方法对关节内的本体感受器进行刺激,从而提高关节的本体感觉。

SEBT 测试是一种可靠的动态平衡能力测试的方法^[21],在国外,多用于预测下肢运动损伤风险以及评价功能性踝关节不稳康复效果^[22]。SEBT 测试不仅符合功能活动中的实际情况,还可对下肢肌肉力量、本体感觉、神经肌肉控制等能力进行综合评价。本课题组发现,PNF 联合核心稳定性训练可很好地促进下肢动态平衡能力的发展,这是由于 SEBT 测试属于动态平衡能力测试,对动态活动中下肢各关节的协调配合能力及核心稳定性要求较高。一方面 PNF 技术强调的是下肢正确运动模式的训练,所以在提高踝关节功能的同时,膝、髋关节也得到了相应的提高,下肢各关节之间的协调性得到了促进;另一方面核心稳定性训练加强了躯干的稳定性,对在动态活动中保持躯干稳定有着积极的影响,因此 PNF 联合核心稳定性训练对下肢动态平衡能力的改善有着明显的效果。对照组治疗前、后在 SEBT 测试结果差异无统计学意义($P>0.05$),可能原因是对照组的训练方式只注重改善踝关节局部的功能,并未对下肢整体功能进行针对性的训练。

综上所述,PNF 联合核心稳定性训练可改善 FAI 患者的踝关节功能(肌力、本体感觉)和下肢动态平衡能力。本课题组认为,在治疗功能性踝关节不稳时,除了通过局部训练来恢复踝关节的功能外,还应更加关注整体功能的提升,从而达到更好的治疗效果。

参 考 文 献

- [1] Evans LA. Prevention of ankle sprain: a systematic review[J]. *Int Musculoskelet Med*, 2012, 34 (4): 146-158. DOI: 10.1179/1753615412Y.0000000013.
- [2] 毛晓颀,张秋霞.慢性踝关节不稳判定方法研究进展[J].*中国运动医学杂志*,2014,(8):835-840. DOI:10.3969/j.issn.1000-6710.2014.08.017.
- [3] 朱燕,陈永强,丁莹,等.功能性踝关节不稳的运动员与非运动员踝内外翻肌等速离心测试的比较分析[J].*中国康复医学杂志*,2012,27(5):437-441. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2012.05.012.
- [4] Raymond J, Nicholson LL, Hiller CE, et al. The effect of ankle taping or bracing on proprioception in functional ankle instability: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Sci Med Sport*, 2012, 15(5): 386-392. DOI: 10.1016/j.jsams.2012.03.008.
- [5] Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Altered neuromuscular control and ankle joint kinematics during walking in subjects with functional instability of the ankle joint[J]. *Am J Sports Med*. 2006. 34(12): 1970-1976.
- [6] 张阳,袁金凤,张秋霞,等.单侧功能性踝关节不稳者单腿下落过程的生物力学研究[J].*北京体育大学学报*,2014,(08):87-91.
- [7] McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral

- ankle instability, part II: is balance training clinically effective[J]. *J Athl Train*, 2008, 43(3): 305-15. DOI: 10.4085/1062-6050-43.3.305.
- [8] Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, et al. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2007, 15(5): 654-664.
- [9] Kim KJ, Kim YE, Jun HJ, et al. Which treatment is more effective for functional ankle instability: strengthening or combined muscle strengthening and proprioceptive exercises [J]? *J Phys Ther Sci*, 2014, 26(3): 385-388. DOI: 10.1589/jpts.26.385.
- [10] 龙斌,李丹阳.功能性训练的科内内涵[J].*武汉体育学院学报*, 2013,(2):72-76. DOI:10.3969/j.issn.1000-520X.2013.02.014.
- [11] 张晓辉,刘书芳,廖八根.不同训练方法对运动员功能性踝关节不稳康复的影响[J].*中国运动医学杂志*,2014,(06):514-518. DOI:10.3969/j.issn.1000-6710.2014.06.004.
- [12] Kofotolis N, Kellis E. Effects of two 4-week proprioceptive neuromuscular facilitation programs on muscle endurance, flexibility, and functional performance in women with chronic low back pain[J]. *Phys Ther*, 2006, 86(7): 1001-1012.
- [13] 李淑媛,朱磊,张亚楠,等. Cumberland 踝关节不稳评定问卷的汉化与信度、效度分析[J].*中国运动医学杂志*,2011,30(9):814-819. DOI: 10.16038/j.1000-6710.2011.09.005.
- [14] 朱燕,裘敏蕾,陈永强,等.使用 Biodex 等速测试仪进行踝关节内外翻本体感觉测试的信度研究[J].*中国康复*,2011,26(05):347-349. DOI:10.3870/zgkf.2011.05.009.
- [15] 黄梓航,王雷.预防功能性训练运动损伤的理念及应用概述[J].*实用医药杂志*,2014,(11):973-975. DOI: 10.14172/j.cnki.issn1671-4008.2014.11.005.
- [16] 常颖. PNF 拉伸和静力拉伸练习对改善跨栏运动员的髋关节柔韧性作用的比较[J].*北京体育大学学报*,2005,28(11):81-82.
- [17] Huxel BKC, Anderson BE. Core stability training for injury prevention [J]. *Sports Health*, 2013, 5(6): 514-22. DOI: 10.1177/1941738113481200.
- [18] Paungmali A, Henry LJ, Silitertpisan P, et al. Improvements in tissue blood flow and lumbopelvic stability after lumbopelvic core stabilization training in patients with chronic non-specific low back pain[J]. *J Phys Ther Sci*, 2016, 28(2): 635-40. DOI: 10.1589/jpts.28.635.
- [19] Reed CA, Ford KR, Myer GD, 等. The effects of isolated and integrated "core stability" training on athletic performance measures: a systematic review[J]. *Sports Med*, 2012, 42(8): 697-706. DOI: 10.1007/BF03262289.
- [20] 张秋霞,花秀琴,施永健.踝关节本体感觉的测量方法研究与应用. *中国组织工程研究与临床康复*, 2011, 15(35): 6619-6623. DOI:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.35.038.
- [21] Hyong IH, Kim JH. Test of intrarater and interrater reliability for the star excursion balance test[J]. *J Phys Ther Sci*, 2014, 26(8): 1139-41. DOI:10.1589/jpts.26.1139.
- [22] Hale SA, Hertel J, Olmsted-Kramer LC. The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2007, 37(6): 303-11. DOI: 10.2519/jospt.2007.2322.

(修回日期:2017-10-17)

(本文编辑:阮仕衡)