

# 星形偏移平衡测试在慢性踝关节不稳患者中的研究进展

鲁君兰<sup>1,2</sup> 范帅<sup>3</sup> 蔡斌<sup>3</sup>

<sup>1</sup>华中科技大学同济医学院附属同济医院儿科学系儿童保健康复中心,武汉 430030; <sup>2</sup>上海体育学院运动科学学院,上海 200438; <sup>3</sup>上海交通大学医学院附属第九人民医院康复医学科,上海 200011

通信作者:蔡斌,Email:shrehab@163.com

**【摘要】** 姿势控制能力的减弱是诱发踝关节反复扭伤,导致慢性踝关节不稳发生的重要因素。星形偏移平衡测试是目前临床和科研中常用的姿势控制评估方法之一。星形偏移平衡测试操作方便,可靠性高,在预估踝关节扭伤风险、鉴别扭伤恢复进程以及为其制定康复计划具有重要作用。本文对星形偏移平衡测试在慢性踝关节不稳中的应用进行综述,以期以更简洁、有效地为慢性踝关节不稳进行康复评估和训练提供新的思路和证据。

**【关键词】** 踝关节不稳; 踝关节扭伤; 星形偏移平衡测试; 姿势控制

**基金项目:**科技部重点研发计划(2018YFF0300504)

**Funding:** Key Research and Development Plan of the Ministry of Science and Technology(2018YFF0300504)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.03.023

踝关节外侧扭伤(lateral ankle sprain,LAS)是最常见的肌肉骨骼损伤之一<sup>[1]</sup>,在运动相关损伤中占 25%~30%<sup>[2]</sup>。40%初次 LAS 患者会遗留一系列症状,包括踝关节疼痛、肿胀、反复扭伤和“打软腿”等,且可能发展为慢性踝关节不稳(chronic ankle instability,CAI)<sup>[3]</sup>。LAS 可能会继发踝关节骨性关节炎,导致患者的生活质量和身体活动水平严重下降<sup>[4]</sup>。目前,关于 CAI 的发生机制尚未明确,可能与其韧带损伤后肌力下降、本体感觉降低、神经肌肉控制受损以及姿势控制障碍等有关<sup>[5]</sup>。一项前瞻性研究表明,首次 LAS 患者在伤后 6 个月的动态姿势控制若仍较差,将预示着 CAI 的发生<sup>[6]</sup>。因此,及时、简单、有效、量化地评估 LAS 患者的姿势控制尤为重要。星形偏移平衡测试(star excursion balance test,SEBT)作为一种简单有效的姿势控制评估方法,可以预估踝关节扭伤风险、判断扭伤恢复进程以及制定相应康复计划,在临床和科研中广泛应用。本文就近年来针对 SEBT 在 CAI 患者中的应用研究进行综述,进一步解释并分析 SEBT 表现的影响因素和改善 SEBT 表现的方法,以期为今后临床上 LAS 的康复评估和训练方法的改良提供新的思路和证据。

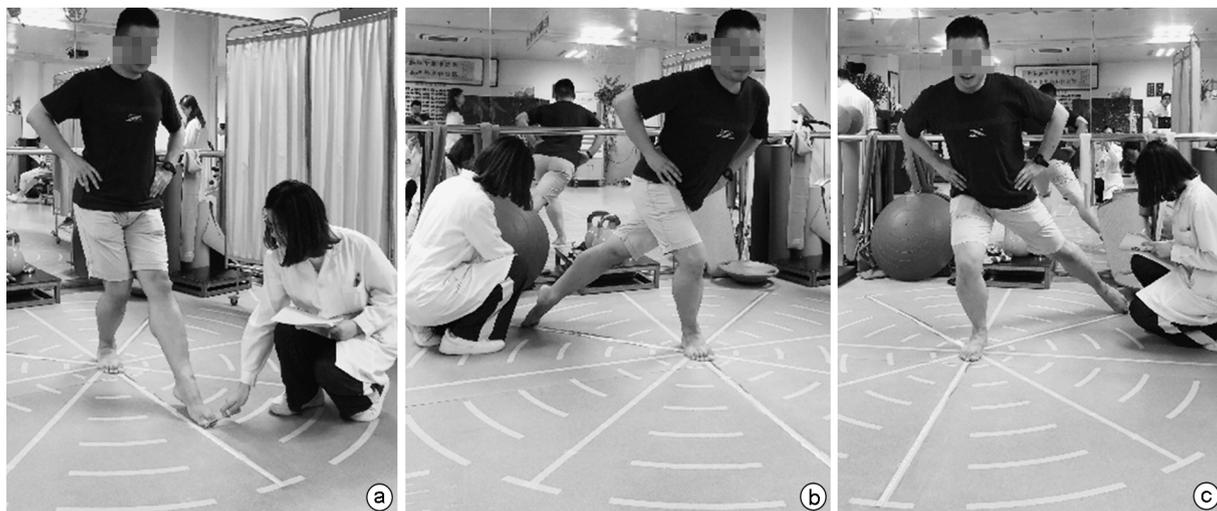
## CAI 患者的姿势控制评估方式

姿势控制包括静态和动态姿势控制,在维持人体静态姿势以及对动态扰动的处理中极为重要<sup>[7-8]</sup>。良好的姿势控制需要视觉、前庭觉和躯体感觉通路的感觉输入,以及中枢神经系统的处理和传出反馈的配合<sup>[9]</sup>。在研究和临床工作中,一般用压力中心(center of pressure,COP)和平衡误差评分系统(balance error score system,BESS)、Biodex 稳定系统(Biodex stability system,BSS)、稳定时间(time to stabilization,TTS)和 SEBT 等测量受试者的姿势控制能力。静态姿势控制评估可以观察到 CAI 患者与健康人的差异<sup>[10-11]</sup>,但测得结果仍有争议,可能与静态

条件不能充分引发姿势控制不足,监测差异也不够敏感,且人体的身体活动大多是在动态条件下完成等因素有关。最新的 Meta 分析表明,静态姿势控制受损导致 CAI 发生的证据水平较弱,而动态姿势控制受损是诱发 CAI 的强证据因素<sup>[12]</sup>。动态姿势控制评估中,Biodex 稳定系统和 TTS 都有较好的灵敏度和信效度,有良好的动态姿势控制测量工具<sup>[13-14]</sup>,但在临床实际应用中,Biodex 稳定系统和 TTS 的设备操作繁琐,因此无法及时获得患者的动态姿势控制信息。SEBT 是一种简易的评估方式,不需复杂的设备和数据处理方式。有研究发现,SEBT 评估 CAI 患者时,发现其动态姿势控制能力明显减弱,这与 Biodex 稳定系统和 TTS 测得的研究结果一致<sup>[15-16]</sup>。因此,在 CAI 患者的康复过程中,SEBT 作为可靠、有效的动态姿势控制评估方式值得重视。

## SEBT 在 CAI 患者中的应用

SEBT 是临床上常用的一种动态姿势控制评估方法<sup>[17]</sup>,涉及一系列单腿下蹲动作,需在 8 个方向进行测量,包括前向、内向外、外向、后向、前内向、前外向、后内向和后外向。SEBT 的 8 个方向在健康人群中具有良好的信度,组内相关系数(intraclass correlation coefficient,ICC)为 0.84~0.96<sup>[18,19]</sup>。有研究者发现,这 8 个方向的测量结果均显著相关性,测量方式比较冗余,提出简化为 3 个方向,即常用的前向、后内向和后外向<sup>[20]</sup>,详见图 1。后来,虽有研究提出简化为前内向、内向、后内向<sup>[21]</sup>,但目前大部分研究仍采用上述 3 个方向。最新研究指出,简化后的 SEBT 同样具有良好的信度,ICC 为 0.90~0.95<sup>[22]</sup>。SEBT 测试的每个方向均需要各个关节矢状面、额状面和横截面运动的组合来达到稳定<sup>[20]</sup>。测试过程中,受试者单脚支撑,非支撑脚沿着前向、后内向和后外向的网格线尽可能地向远处伸展,轻轻接触最远端的点。并且不能将重心转移至非支撑脚,然后回到起始位置,保持稳定。记录受试者在各个方向伸展的最大距



注:a为SEBT的前向方向;b为SEBT的后外方向;c为SEBT的后内方向

图1 SEBT评估示意图

离,并标准化为腿长的100%<sup>[23]</sup>。如果受试者在接触点停留,用非支撑脚接触地面或者测试过程中抬起或移动支撑脚,则该次数据需重新测试并记录<sup>[20]</sup>。

大量研究证明,SEBT可以作为预估踝关节扭伤风险和判断损伤恢复进程的工具<sup>[24-27]</sup>。Plisky等<sup>[24]</sup>对高中篮球运动员235例进行了调查,以期确定SEBT的表现是否与下肢损伤有关,结果发现,在SEBT的前向,若左右脚伸展距离差异>4 cm,下肢受伤的可能性将增至2.5倍;综合伸展距离<腿长94%的女性,下肢受伤可能性将增至6倍。Ko等<sup>[28]</sup>对青少年足球爱好者64例跟踪调查了10个月,认为SEBT后内和后外向表现的评估可作为赛季前筛查措施,帮助临床医生识别将继续发生踝关节扭伤的青少年。Noronha等<sup>[25]</sup>的前瞻性研究中发现,125例受试者在SEBT的后外向表现越好,踝关节扭伤的风险也越小。这表明SEBT评估的姿势控制能力可以预测踝关节扭伤的概率<sup>[29]</sup>。Doherty等的研究<sup>[26-27]</sup>发现,急性踝关节扭伤患者和踝关节扭伤6个月后的患者,在SEBT三个方向上的伸展距离双侧均下降;而后又对初次踝关节扭伤患者82例在2周、6个月和12个月时间点执行运动任务,并进行了生物力学分析,发现6个月时间点的SEBT表现对患者是否发展为CAI有预测作用<sup>[6]</sup>。由此表明,SEBT不仅可以预估踝关节扭伤的风险,还可确定急性踝扭伤患者的恢复进程,预测CAI的发展。

### CAI患者SEBT表现的影响因素

CAI患者的康复中,SEBT扮演着重要角色,但影响SEBT各个方向表现的具体因素尚不确定。SEBT表现可能受到踝关节扭伤患者的活动度、肌力、本体感觉和神经肌肉控制能力等的影响<sup>[5]</sup>。目前,有越来越多的研究开始探究影响CAI发生的因素与SEBT表现之间的关系。

Hoch等<sup>[30]</sup>和Kosik等<sup>[31]</sup>评估CAI患者与健康受试者的踝关节背屈角度和SEBT表现的关系时发现,CAI患者的踝关节背屈角度显著小于健康受试者,而且背屈角度与SEBT前向伸展距离呈中度相关( $r=0.47$ )<sup>[30]</sup>。除了背屈角度,还有研究分析了自我感觉僵硬程度与SEBT表现的关系<sup>[32]</sup>,该研究指出,

前向伸展距离与闭链、开链踝关节背屈角度、自我感觉僵硬程度呈中度相关。本课题组认为,以上研究说明,SEBT前向伸展距离也受到患者自我感觉僵硬程度的影响。Gabriner等<sup>[33]</sup>还发现,CAI患者的背屈角度与足底皮肤感觉呈中度相关。这些研究结果说明,SEBT的前向伸展距离可能更多地受到踝关节复合体的机械限制和感觉缺陷的影响。

有研究发现,在SEBT的后内向和后外向,其伸展距离与踝关节背屈角度和自我感觉僵硬程度没有显著相关性<sup>[30,32]</sup>,但踝关节外翻力量与SEBT后内向、后外向伸展距离均呈中度相关<sup>[33]</sup>。McCann等<sup>[15]</sup>讨论了髌部肌力与动态姿势控制的关系,研究发现,CAI患者的髌外旋和髌外展肌力都较健康受试者显著降低,且髌外旋和外展肌力与SEBT后内向和后外向伸展距离显著相关。该结果表明,SEBT后内和后外方向的伸展距离更多地依赖于髌部肌肉的力量和姿势控制。这可能是由于前向伸展主要是矢状面运动,而后向伸展包含多个运动平面。

还有研究报道,在到达前向和后内向距离最远处的前50 ms和后100 ms,CAI患者的胫前肌肌肉活动较健康受试者明显下降<sup>[34]</sup>,但是肌肉激活程度与SEBT表现的关系可能还需要进一步的研究。Motte等<sup>[35]</sup>观察了躯干旋转、骨盆旋转和屈髋角度对SEBT的影响,虽然没有报告具体数值,但能够发现这些运动学非正常变化在CAI患者中表现较多,可能是由于近端活动作为一种保护机制,为防止踝关节不稳定进行了代偿。

除了上述影响CAI患者SEBT表现的一些因素,膝关节的活动度和肌力、关节位置觉、等速肌力、运动神经元池的兴奋性以及腓骨反应时间等<sup>[36-37]</sup>还没考虑进去。

### 改善CAI患者SEBT表现的方法

SEBT的表现受到很多因素的影响。虽然前向伸展距离仍有约65%的因素没有考虑到,但目前来看,踝关节背屈角度是其最大的限制因素。临床工作中发现,踝关节背屈角度减少可以通过一些手段来解决,如常用的肌肉牵伸技术和关节松动术。有文献报道,30 s、1 min或2 min站立位跖屈肌群和跟腱静态牵伸4周后,踝关节背屈角度都有显著改善<sup>[38]</sup>。Marrón-

Gómez 等<sup>[39]</sup>测量了 CAI 患者在干预前和踝关节动态关节松动术或踝关节徒手操作后 10 min、20 min、24 h 和 48 h 的背屈角度,结果显示,单次实施这两种手段均可显著改善 CAI 患者的背屈角度,且疗效可持续 2 d。Gilbreath 等<sup>[40]</sup>发现,只做一次踝关节动态关节松动术后(共 12 min),CAI 患者背屈角度和动态姿势控制没有明显差异,但连续 2 周的关节松动术不仅可以改善 CAI 患者的背屈角度,还可改善其 SEBT 各个方向的姿势控制水平<sup>[41]</sup>。有研究发现,踝关节背屈角度改善,SEBT 3 个方向的伸展距离也随之增加,可能是关节松动过程中刺激了机械感受器和感觉系统所致<sup>[41]</sup>。最新的 Meta 分析表示,采用多疗程的动态关节松动术对动态姿势控制的改善比单次治疗更为有效,随访 6 个月后,患者的动态姿势控制能力也更优。这些结果可能表明,姿势控制能力的改善需要多次关节松动和长期积累才能显现出好的效果<sup>[42]</sup>。

SEBT 中后内向和后外向的表现可能主要依赖于髌外展、外旋肌力和踝外翻的肌力。单纯的踝部力量训练对于姿势控制的改善鲜见文献提及。有学者采用 Biodex 稳定系统评估时发现,单纯的踝部肌肉力量与姿势稳定之间的相关性较弱<sup>[43]</sup>。近年来,有研究探究髌部力量训练对 CAI 患者功能改善的影响,结果发现,4 周单纯的髌外展和髌外旋肌力训练也可改善 3 个方向的姿势控制能力,且后内向和后外向伸展距离改善的幅度相对更大<sup>[44]</sup>。这可能是由于髌部肌肉不仅维持了 CAI 患者在失状面运动的稳定性,也维持了额状面和横断面运动的动态稳定。

很多研究探索了其他训练方式对 CAI 患者姿势控制的改善效果。如 Anguish 等<sup>[45]</sup>对平均年龄 18 岁,且身体活动水平活跃的学生采用进阶性跳跃-稳定平衡方案对其进行康复训练,训练 1 个月后,受试学生的姿势控制能力显著提高。还有研究采用同样的训练方式对平均年龄 20 岁 CAI 患者进行干预,训练 1 周后,疗效也同样显著<sup>[46]</sup>。进阶性跳跃-稳定平衡方案难度较大,需进行中高等强度的跳跃动作,而且所选受试者只有踝关节不稳症状,不太适合临床上残留有疼痛以及没有运动习惯的 CAI 患者。Hale 等<sup>[47]</sup>针对 CAI 患者制定了 4 周综合性康复计划,包含踝关节肌肉力量训练、小腿牵伸训练、神经肌肉控制训练以及功能性任务训练等,结果发现,上述综合康复训练可显著改善 CAI 患者 SEBT 各个方向的动态姿势控制。但本课题组认为,该研究训练内容繁多,实施起来会有困难。目前改善 CAI 患者姿势控制能力的方法繁多,关于踝关节扭伤的最佳康复方案仍无定论<sup>[48]</sup>。Donovan 和 Hertel<sup>[49]</sup>提出一个新型康复模型,强调了 SEBT 作为功能康复训练方案的意义和利用 SEBT 进行训练的重要作用。SEBT 作为姿势控制训练方法也更为简单方便。

CAI 扭伤风险因素研究中,动态姿势控制受损是导致 CAI 发生的最强证据之一,姿势控制训练可以降低踝关节反复扭伤的风险<sup>[50]</sup>。因此,如果 CAI 患者的 SEBT 表现得到改善,意味着动态姿势控制得到改善,扰动的过度反应得到抑制,那么患者的稳定性将显著提高,踝关节扭伤率也随之大大降低。

### 总结和展望

综上所述,SEBT 是一个简易可靠的临床工具,既可以提示 CAI 患者是否有姿势控制障碍,又能预估踝关节再次扭伤风险,

还可作为姿势控制训练方法,并能指导治疗师根据每个方向的表现做出更针对性的康复策略。了解 SEBT 表现的影响因素,有助于研究者和治疗师深入掌握 CAI 患者的动态姿势控制情况,为制定预防踝关节再次扭伤的康复计划提供思路。本课题组认为,未来利用 SEBT 评估 CAI 患者的姿势控制能力时,可根据某一方向的表现不足,针对性地进行力量或者活动度训练,不仅可以改善单方向的姿势控制能力,缩短患者就诊时间,还可同时提高其他方向的功能;或者根据 CAI 患者的情况,在 SEBT 中引入多样的训练模块,如利用不同的方向亮灯,增加表现差的方向次数,使患者在大部分时间去向这个方向快速响应伸展,记录响应时间和正确率等,以达到改善患者姿势控制能力,提高其应能力,降低再次扭伤风险的目的。此外,虽然 SEBT 简单有效,但单一的 SEBT 评估可能还是不能完全了解 CAI 患者的整体功能,未来的训练和评估可联合表面肌电和压力平台进行进一步的探索。

### 参考文献

- [1] Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, et al. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies[J]. Sports Med, 2013, 44(1): 123-140. DOI:10.1007/s40279-013-0102-5.
- [2] Fong TP, Hong Y, Chan LK, et al. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports[J]. Sports Med, 2007, 37(1): 73-94. DOI:10.2165/00007256-200737010-00006.
- [3] Gerber J, Williams G, Scoville C, et al. Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population[J]. Foot Ankle Int, 1998, 19(10): 653-660. DOI: 10.1177/107110079801901002.
- [4] Golditz T, Steib S, Pfeifer K, et al. Functional ankle instability as a risk factor for osteoarthritis: using T2-mapping to analyze early cartilage degeneration in the ankle joint of young athletes[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2014, 22(10): 1377-1385. DOI:10.1016/j.joca.2014.04.029.
- [5] Holmes A, Delahunt E. Treatment of common deficits associated with chronic ankle instability[J]. Sports Med, 2009, 39(3): 207-224. DOI:10.2165/00007256-200939030-00003.
- [6] Doherty C, Bleakley C, Hertel J, et al. Recovery from a first-time lateral ankle sprain and the predictors of chronic ankle instability: a prospective cohort analysis[J]. Am J Sport Med, 2016, 7(1): 181-220. DOI:10.1177/0363546516628870.
- [7] Raffalt PC, Chrysanthou M, Duda GN, et al. Dynamics of postural control in individuals with ankle instability: effect of visual input and orthotic use[J]. Comput Biol Med, 2019, 110: 120-126. DOI: 10.1016/j.combiomed.2019.05.018.
- [8] Talarico MK, Lynall RC, Mauntel TC, et al. Static and dynamic single leg postural control performance during dual-task paradigms[J]. J Sports Sci, 2017, 35: 1118-1124. DOI: 10.1080/02640414.2016.1211307.
- [9] Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, et al. Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury[J]. Sports Med, 2006, 36(5): 393-410. DOI: 10.2165/00007256-200636050-00003.
- [10] Mitchell A, Dyson R, Hale T, et al. Biomechanics of ankle instability.

- Part 2: Postural sway-reaction time relationship[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2008, 40 ( 8 ): 1522-1528. DOI: 10.1249/mss.0b013e31817356d6.
- [ 11 ] Ross SE, Guskiewicz KM . Examination of static and dynamic postural stability in individuals with functionally stable and unstable ankles[J]. *Clin J Sport Med*, 2004, 14(6):332-338. DOI: 10.1097/00042752-200411000-00002.
- [ 12 ] Thompson C, Schabrun S, Romero R, et al. Factors contributing to chronic ankle instability: a systematic review and meta-analysis of systematic reviews[J]. *Sports Med*, 2018, 48 ( 1 ): 189-205. DOI:10.1007/s40279-017-0781-4.
- [ 13 ] Arifin N, Osman NAA, Abas WABW. Intrarater test-retest reliability of static and dynamic stability indexes measurement using the biodex stability system during unilateral stance[J]. *J Appl Biomech*, 2014, 30(2):300-304. DOI:10.1123/jab.2013-0130.
- [ 14 ] Franz DP, Huurnink A, de Boode VA, et al. The effect of the stability threshold on time to stabilization and its reliability following a single leg drop jump landing[J]. *J Biomech*, 2016, 49: 496-501. DOI:10.1016/j.jbiomech.2015.12.048.
- [ 15 ] Mccann RS, Crossett ID, Terada M, et al. Hip strength and star excursion balance test deficits of patients with chronic ankle instability [J]. *J Sci Med Sport*, 2017, 20 ( 11 ), 992-996. DOI:10.1016/j.jsams.2017.05.005.
- [ 16 ] Doherty C, Bleakley C, Hertel J, et al. Dynamic balance deficits in individuals with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers 1 year after a first-time lateral ankle sprain injury [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(4): 1086-1095. DOI:10.1007/s00167-015-3744-z.
- [ 17 ] Jaber H, Lohman E, Daher N, et al. Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability[J]. *PLoS One*, 2018, 13(8):e0201479. DOI:10.1371/journal.pone.0201479.
- [ 18 ] Munro AG, Herrington LC. Between-session reliability of the star excursion balance test[J]. *Phys Ther Sport*, 2010, 11(4): 128-132. DOI:10.1016/j.ptsp.2010.07.002.
- [ 19 ] Hertel J MS, Denegar Cr. Intratester and intertester reliability during the star excursion balance tests [J]. *J Sport Rehabil*, 2000, 9(2): 104 - 116. DOI:10.1123/jsr.9.2.104.
- [ 20 ] Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review [J]. *J Athl Train*, 2012, 47(3): 339-357. DOI:10.4085/1062-6050-47.3.08.
- [ 21 ] Hertel J, Braham RA, Hale SA, et al. Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability[J]. *J Orthop Sport Phys*, 2006, 36(3): 131-137. DOI:10.2519/jospt.2006.36.3.131.
- [ 22 ] Onofrei RR, Amaricai E, Petroman R, et al. Relative and absolute within-session reliability of the modified star excursion balance test in healthy elite athletes [J]. *PeerJ*, 2019, 7: e6999. DOI:10.7717/peerj.6999.
- [ 23 ] Ko J, Wikstrom E, Li Y, Weber M, et al. Performance differences between the modified star excursion balance test and the Y-balance test in individuals with chronic ankle instability [J]. *J Sport Rehabil*, 2019, 29(6):748-753. DOI: 10.1123/jsr.2018-0078.
- [ 24 ] Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, et al. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players[J]. *J Orthop Sport Phys*, 2006, 36(12): 911-919. DOI:10.2519/jospt.2006.2244.
- [ 25 ] De Noronha M, França LC, Haupenthal A, et al. Intrinsic predictive factors for ankle sprain in active university students: a prospective study[J]. *Scand J Med Sci Spor*, 2013, 23(5):541-547. DOI:10.1111/j.1600-0838.2011.01434.x.
- [ 26 ] Doherty C, Delahunt E, Bleakley C, et al. Acute ankle sprain injury alters kinematic and centre of pressure measures of postural control during the star excursion balance test [J]. *Br J Sport Med*, 2014, 48 ( 7 ): 586-587. DOI:10.1136/bjsports-2014-093494.73.
- [ 27 ] Doherty C, Bleakley C, Hertel J, et al. Dynamic balance deficits 6 months following first-time acute lateral ankle sprain; a laboratory analysis[J]. *J Orthop Sport Phys*, 2015, 45(8): 626-633. DOI:10.2519/jospt.2015.5653.
- [ 28 ] Jupil K, Adam R, Brown CN . Functional performance tests identify lateral ankle sprain risk; a prospective pilot study in adolescent soccer players[J]. *Scand J Med Sci Spor*, 2018, 28(12): 2611-2616. DOI: 10.1111/sms.13279.
- [ 29 ] Grassi A, Alexiou K, Amendola A, et al. Postural stability deficit could predict ankle sprains: a systematic review[J]. *Knee Surg Sport Tr A*, 2018, 26(10): 3140-3155. DOI:10.1007/s00167-017-4818-x.
- [ 30 ] Hoch MC, Staton GS, McKeon JM, et al. Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability[J]. *J Sci Med Sport*, 2012, 15(6): 574-579. DOI:10.1016/j.jsams.2012.02.009.
- [ 31 ] Kosik KB, Johnson NF, Terada M, et al. Decreased dynamic balance and dorsiflexion range of motion in young and middle-aged adults with chronic ankle instability [J]. *J Sci Med Sport*, 2019, 22(9):976. DOI:10.1016/j.jsams.2019.05.005.
- [ 32 ] Terada M, Harkey MS, Wells AM, et al. The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability[J]. *Gait Posture*, 2014, 40(1): 193-197. DOI:10.1016/j.gaitpost.2014.03.186.
- [ 33 ] Gabriner M, Houston M, Kirby J, et al. Contributing factors to star excursion balance test performance in individuals with chronic ankle instability[J]. *Gait Posture*, 2015, 41(4): 912-916. DOI:10.1016/j.gaitpost.2015.03.013.
- [ 34 ] Feger M, Donovan L, Hart J, et al. Lower extremity muscle activation during functional exercises in patients with and without chronic ankle instability[J]. *PM R*, 2014, 6(7): 602-611. DOI:10.1016/j.pmrj.2013.12.013.
- [ 35 ] Motte DL, Sarah, Arnold, et al. Trunk-rotation differences at maximal reach of the star excursion balance test in participants with chronic ankle instability[J]. *J Athl Train*, 2015, 50(4): 358-365. DOI:10.4085/1062-6050-49.3.74.
- [ 36 ] Ding RG, Asada H, Obata K. Sensorimotor function as a predictor of chronic ankle instability[J]. *Clin Biomech*, 2009, 24(5): 451-458. DOI:10.1016/j.clinbiomech.2009.03.003.
- [ 37 ] Sierra-Guzmán R, Jiménez F, Abián-Vicén J. Predictors of chronic ankle instability: analysis of peroneal reaction time, dynamic balance and isokinetic strength[J]. *Clin Biomech*, 2018, 54: 28-33. DOI:10.1016/j.clinbiomech.2018.03.001.
- [ 38 ] Youdas JW, Mclean TJ, Krause DA, et al. Changes in active ankle

- dorsiflexion range of motion after acute inversion ankle sprain[J]. J Sport Rehabil, 2009, 18(3): 358-374. DOI:10.1123/jsr.18.3.358.
- [39] Marrón-Gómez D, Rodríguez-Fernández ÁL, Martín-Urrialde JA. The effect of two mobilization techniques on dorsiflexion in people with chronic ankle instability[J]. Phys Ther Sport, 2015, 16(1):10-15. DOI:10.1016/j.ptsp.2014.02.001.
- [40] Gilbreath JP, Gaven SL, Van Lunen BL, et al. The effects of mobilization with movement on dorsiflexion range of motion, dynamic balance, and self-reported function in individuals with chronic ankle instability[J]. Manual Ther, 2014, 19(2):152-157. DOI:10.1016/j.math.2013.10.001.
- [41] Hoch M, Andreatta R, Mullineaux D, et al. Two-week joint mobilization intervention improves self-reported function, range of motion, and dynamic balance in those with chronic ankle instability[J]. J Orthop Res, 2012, 30(11): 1798-1804. DOI:10.1002/jor.22150.
- [42] Cameron JP, Robert AV, Stacey LG. Changes in dorsiflexion and dynamic postural control after mobilizations in individuals with chronic ankle instability: a systematic review and meta-analysis[J]. J Athl Train, 2019, 54(4): 403-417. DOI: 10.4085/1062-6050-380-17.
- [43] Ko K, Lee H, Lee W, et al. Ankle strength is not strongly associated with postural stability in patients awaiting surgery for chronic lateral ankle instability[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018. DOI:10.1007/s00167-018-4960-0.
- [44] Smith B, Curtis D, Docherty C. Effects of hip strengthening on neuromuscular control, hip strength, and self-reported functional deficits in individuals with chronic ankle instability[J]. J Sport Rehabil, 2018, 27(4): 364-370. DOI:10.1123/jsr.2016-0143.
- [45] Anguish B, Sandrey MA. Two 4-week balance-training programs for chronic ankle instability[J]. J Athl Train, 2018, 53(7): 662-671. DOI:10.4085/1062-6050-555-16.
- [46] Christopher JB, Hyunjae J, John MG, et al. Cortical measures of motor planning and balance training in patients with chronic ankle instability[J]. J Athl Train, 2019, 54(6): 727-736. DOI: 10.4085/1062-6050-450-17.
- [47] Hale SA, Hertel J, Olmstedkramer 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): 303-311. DOI:10.2519/jospt.2007.2322.
- [48] Bleakley CM, Taylor JB, Dischiavi SL, et al. Rehabilitation exercises reduce re-injury post-ankle sprain, but the content and parameters of an optimal exercise program have yet to be established: a systematic review and meta-analysis[J]. Arch Phys Med Rehab, 2019, 100(7): 1367-1375. DOI:10.1016/j.apmr.2018.10.005.
- [49] Donovan L, Hertel J. A new paradigm for rehabilitation of patients with chronic ankle instability[J]. Phys Sportsmed, 2012, 40(4): 41-51. DOI:10.3810/psm.2012.11.1987.
- [50] Burcal CJ, Sandrey MA, Hubbard-Turner T, et al. Predicting dynamic balance improvements following 4-weeks of balance training in chronic ankle instability patients[J]. J Sci Med Sport, 2019, 22(5):538-543. DOI:10.1016/j.jsams.2018.11.001.

(修回日期:2020-12-23)

(本文编辑:阮仕衡)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 本刊对论文中实验动物描述的要求

根据国家科学技术部 1988 年颁布的《实验动物管理条例》和卫生部 1998 年颁布的《医学实验动物管理实施细则》,《中华物理医学与康复杂志》对论文中有关实验动物的描述,要求写清楚以下事项:①品种、品系及亚系的确切名称;②遗传背景或其来源;③微生物检测状况;④性别、年龄、体重;⑤质量等级及合格证书编号;⑥饲养环境和实验环境;⑦健康状况;⑧对实验动物的处理方式。

医学实验动物分为四级:一级为普通级;二级为清洁级;三级为无特定病原体(SPF)级;四级为无菌级。卫生部课题及研究生毕业论文等科研实验必须应用二级以上的实验动物。