

· 临床研究 ·

贴扎对慢性踝关节不稳的男性篮球运动员正向和侧向跳跃时踝关节运动学特征的影响

姚军威¹ 程阳² 韦俏丽¹ 马勇¹ 郑伟涛¹

¹武汉体育学院国家体育总局体育工程重点实验室, 武汉 430079; ²湖北省体育科学研究所, 武汉 430079

通信作者: 郑伟涛, Email: zhengweitao@sina.com

【摘要】 目的 观察贴扎对慢性踝关节不稳的男性篮球运动员正向和侧向跳跃时踝关节运动学特征的影响。**方法** 采用 Vicon 三维运动捕捉系统和 Kistler 三维测力台采集 29 例慢性踝关节不稳的男性篮球二级运动员贴扎与未贴扎条件下的正向和侧向跳跃落地数据, 包括受试者未贴扎和贴扎条件下正向跳跃落地动作和侧向跳跃落地动作踝关节触地 (TD) 前 200 ms、TD 前 150 ms、TD 前 100 ms、TD 前 50 ms、TD 时、TD 后 50 ms、TD 后 100 ms、TD 后 150 ms 和 TD 后 200 ms 的背屈/跖屈角度、外翻/内翻角度和外旋/内旋角度, 以及背屈/跖屈角速度、外翻/内翻角速度、外旋/内旋角速度。采用 Visual 3D 三维运动分析软件对所得数据进行建模计算, 并采用 SPSS 25.0 版统计学软件对本研究所得数据进行分析。**结果** 正向跳跃落地, 受试者贴扎后 TD 前 50 ms 和 TD 的踝关节跖屈角度较未贴扎时分别减少了 3.27° 和 2.70°, TD 前 50 ms 的踝关节内翻角度较未贴扎时减少了 2.13°, TD 前 200 ms 和 TD 前 150 ms 的踝关节外旋角度较未贴扎时分别减少了 2.59° 和 2.17°, TD 后 100 ms 的落地踝关节外旋角度较未贴扎时减少了 1.59°, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。侧向跳跃落地, 受试者贴扎后 TD 前 50 ms 和 TD 的踝关节跖屈角度较未贴扎时分别减少了 1.94° 和 3.23°, TD 前 50 ms 和 TD 的踝关节内翻角度较未贴扎时分别减少了 2.86° 和 2.87°, TD 前 200 ms 和 TD 前 150 ms 的踝关节外旋角度较未贴扎时分别减少了 0.93° 和 2.36°, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。正向跳跃落地, 受试者贴扎后 TD 和 TD 后 100 ms 的踝关节背屈角速度较未贴扎时分别减少了 58.47°/s 和 28.39°/s, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。侧向跳跃落地, 受试者贴扎后 TD 的踝关节背屈角速度较未贴扎时减少了 20.52°/s, 踝关节内翻角速度较未贴扎时增加了 49.69°/s, 差异均统计学意义 ($P < 0.05$); TD 后 50 ms 时, 受试者贴扎后的踝关节外翻角速度较未贴扎时减少了 30.28°/s, 差异亦有统计学意义 ($P < 0.05$)。**结论** 踝关节贴扎可以改变 CAI 男性篮球运动员正向和侧向跳跃落地动作时踝关节的角度和角速度, 踝关节贴扎可使正向和侧向跳跃落地 TD 前 50 ms 和 TD 的踝关节跖屈和内翻角度减小, 使正向跳跃落地 TD 的踝关节背屈角速度减小, 使侧向跳跃落地 TD 的踝关节角速度增加。

【关键词】 贴扎; 慢性踝关节不稳; 踝关节; 运动学

基金项目: 国家重点研发计划“科技冬奥”专项 (2018YFF0300904); 武汉体育学院东湖学者计划; 武汉体育学院“十四五”湖北省优势特色学科 (群) (鄂教研[2021]5 号); 2021 年度武汉体育学院校级科研团队资助 (21KT02)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.01.010

Taping can relieve chronic ankle instability among basketball players

Yao Junwei¹, Cheng Yang², Wei Qiaoli¹, Ma Yong¹, Zheng Weitao¹

¹Key Laboratory of Sports Engineering, Wuhan Sports University, ²Hubei Institute of Sport Science, Wuhan 430079, China

Corresponding author: Zheng Weitao, Email: zhengweitao@sina.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of taping on the kinematic characteristics of the ankle joint during forward and lateral jumps by male basketball players with chronic ankle instability (CAI). **Methods** A Vicon 3D motion capture system and a Kistler 3D ergometer were used to collect data describing the landing data with or without taping from forward and lateral jumps of 29 male basketball players with CAI. The landing data included the dorsiflexion and plantarflexion angles, valgus and inversion angles and external and internal rotation angles. Dorsiflexion or plantarflexion angular velocity was also recorded along with valgus or inversion angular velocity and external or internal rotation angular velocity 200ms, 150ms, 100ms and 50ms before and after touchdown. The

data obtained were modeled using three-dimensional motion analysis software, and then analyzed. **Results** Taping reduced the ankle plantarflexion in landing from a forward jump by 3.27° 50ms before landing and by 2.70° at touchdown. The ankle inversion angle was reduced 2.13° 50ms before touchdown, while the angle of external rotation decreased by 2.59° 200ms before touchdown and 2.17° 150ms before. Moreover, the angle of external rotation 100ms after landing was reduced by a significant 1.59° compared with that without taping. In lateral jumps taping reduced the average ankle plantarflexion angle by 1.94° 50ms before landing and 3.23° at touchdown compared with no taping. Ankle inversion was reduced significantly by 2.86° 50ms before landing and by 2.87° at touchdown. External rotation was a significant 0.93° less 200ms before landing and 2.36° smaller 150ms before touchdown. In the forward jump landing, taping reduced the average angular velocity of ankle dorsiflexion on landing by a significant $58.5^{\circ}/s$ and by $28.39^{\circ}/s$ 100ms later. In the lateral jump landings the average ankle dorsiflexion velocity decreased by significant $20.5^{\circ}/s$ with taping, but the valgus velocity increased by $49.7^{\circ}/s$ compared with no taping. However, 50ms after touchdown the speed of external rotation with taping was $30.3^{\circ}/s$ slower than without taping. **Conclusions** Ankle taping can modify ankle rotation angles and angular velocities during landing from jumps. This is particularly helpful for basketball players with CAI.

【Key words】 Taping; Ankle instability; Ankle joint; Kinematics

Funding: The National Key R&D Program “Science and Technology for the Winter Olympics” (2018YFF0300904); Wuhan Institute of Sports East Lake Scholars Program; Wuhan Institute of Sports “14th Five-Year Plan” Hubei Province Advantageous Characteristics Disciplines (ERE [2021] No. 5); 2021 Wuhan Institute of Sports University-level Research Team Grant (21KT02)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.01.010

踝关节扭伤后出现的踝周力量下降、平衡功能下降、稳定性下降等一系列持续性症状,国际踝关节协会称之为慢性踝关节不稳(chronic ankle instability, CAI)^[1]。在有踝关节损伤史的人中,踝关节贴扎可以将踝关节损伤风险降低 50~70%^[2]。有研究表明,23.4%的高中和大学运动员患有 CAI^[3]。许多篮球运动员常使用预防性踝关节贴扎来减少损伤风险^[2]。最常见的传统贴扎类型为无弹性的白贴,贴扎方式为马镫、马蹄、8 字形包裹和锁跟^[4]。观察踝关节贴扎对 CAI 篮球运动员跳跃落地的影响,对踝关节损伤的预防具有一定的意义。

目前,有关踝关节贴扎对篮球运动员跳跃落地影响的研究多集中于固定高度的垂直落地^[5-7],而篮球运动中包含多种形式的跳跃落地,同时存在带伤训练或比赛的情况。本研究通过对比患有 CAI 的男性篮球运动员在贴扎和未贴扎条件下正向跳跃落地和侧向跳跃落地踝关节运动学数据(踝关节角度和踝关节角速度),探讨贴扎对患有 CAI 的男性篮球运动员的影响,以期对篮球运动员的运动康复提供参考。

资料与方法

一、一般资料

纳入标准:①诊断为右侧 CAI,症状和各项检查结果与文献[1]相符;②有篮球二级运动员等级证书;③自愿参与本研究,并签署知情同意书。

排除标准^[8]:①下肢手术史或骨折史;②存在下肢关节扭伤的症状或体征,包括疼痛、肿胀、变色或失去活动或力量;③任何其他健康问题或异常症状(如恶心、头晕、功能障碍等);④双侧 CAI。

本研究经武汉体育学院科学研究伦理委员会审核批准,编号为 20210023。选取武汉体育学院右侧患有 CAI 的男性篮球运动员 29 例作为受试者,平均年龄(20.44 ± 2.18)岁,平均身高(180.89 ± 6.41)cm,平均体重(77.12 ± 8.89)kg。

所有受试者在参与试验前均签署知情同意书。

二、试验环境和设备

本研究于武汉体育学院国家体育总局体育工程重点实验室进行,实验室面积和高度符合测试要求。

试验设备为 Vicon 红外运动捕捉系统(英国 Vicon 公司),配置的 T40 摄像头采样频率为 200 Hz;Kistler 9260AA6 型三维测力台(瑞士 Kistler 公司),尺寸 60 cm×50 cm,采样频率为 1 kHz;Visual 3D 三维运动分析系统(美国 C-Motion 公司)。实验室布局见图 1。

三、研究方法

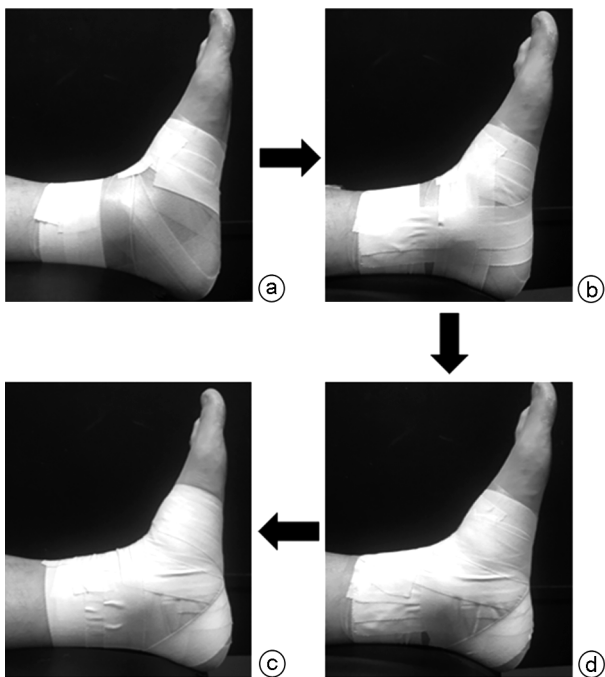
试验时为避免鞋底材料的影响,所有受试者均裸足进行测试,同时身着统一紧身短裤,由试验专员粘贴反光标识点。反光标识点共 38 个,包括骨性反光标识点和追踪反光标识点,其中骨性反光标识点位置为左右侧髂前上棘、左右髂嵴上缘、左右髂后上棘、左右股骨大转子、左右股骨外侧髁、左右股骨内侧髁、左右踝关节外侧髁、左右踝关节内侧髁、左右足跟、左右第 1

跖趾关节、左右第 5 跖趾关节,追踪反光标识点位置为左右大腿外侧和左右小腿外侧。受试者的贴扎均由一名经验丰富的治疗师执行,保证贴扎一致性,贴扎方式依据 Williams 等^[2]的研究(图 2)。



注:四周上方的摄像头为 Vicon 红外运动捕捉系统,脚下长方形部分为 Kistler 9260AA6 型三维测力台

图 1 实验室布局



注:a 为锚点固定,b 为马镫、马蹄固定,c 为锁跟固定,d 为锚点的重新固定

图 2 踝关节贴扎流程图

将受试者信息录入 Vicon 红外运动捕捉系统,试验前双脚分别站立于两块力台上对静态姿势进行采集,然后要求受试者在踝关节未贴扎条件下完成正向跳跃落地 5 次、侧向跳跃落地 5 次和踝关节贴扎

条件下正向跳跃落地 5 次和侧向跳跃落地 5 次,为避免疲劳对运动的影响,每次跳跃间隔 1 min,正向跳跃和侧向跳跃之间间隔 10 min,未贴扎和贴扎状态间隔 10 min。

正向跳跃落地动作要求:双腿起跳越过正前方 30 cm 高的障碍物,跳跃距离为身高的 40%,单腿着陆后身体稳定且维持 5 s 平衡^[9]。侧向跳跃落地动作要求:双腿起跳越过右侧 15 cm 高的障碍物,跳跃距离为身高的 40%,单腿着陆后身体稳定且维持 5 s 平衡^[9]。

四、采集指标和采集方法

收集受试者未贴扎和贴扎时正向跳跃落地动作和侧向跳跃落地动作中踝关节触地(touch down, TD)前 200 ms、150 ms、100 ms、50 ms 以及 TD 时和 TD 后 50 ms、100 ms、150 ms 和 200 ms 的矢状面角度、冠状面角度和水平面角度,以及矢状面角速度、冠状面角速度、水平面角速度。将垂直地面反向作用力 10 N 设为阈值,超过阈值定为触地^[10]。从 Vicon 红外运动捕捉系统获得运动学和动力学数据,导入 Visual 3D 三维运动分析软件进行建模计算指标。

五、数据处理与分析

采用 SPSS 25.0 版统计学软件对本研究所得数据进行分析,数据以($\bar{x} \pm s$)表示。运用重复测量方差分析对贴扎和未贴扎状态下不同时刻的踝关节角度和角速度进行比较分析,显著性水平 α 设为 0.05。

结 果

一、正向和侧向跳跃落地时的踝关节角度

TD 前 200 ms、150 ms、100 ms 和 50 ms,贴扎和未贴扎时的正向跳跃落地的踝关节跖屈角度逐渐增加;TD、TD 后 50 ms 和 100 ms,贴扎和未贴扎时的正向跳跃落地踝关节跖屈角度逐渐减小;TD 后 100 ms、150 ms 和 200 ms,贴扎和未贴扎时的正向跳跃落地踝关节跖屈角度基本保持稳定。正向跳跃落地,受试者贴扎后 TD 前 50 ms 和 TD 时的踝关节跖屈角度较未贴扎时分别减少了 3.27° 和 2.70°,TD 前 50 ms 的踝关节内翻角度较未贴扎时减少了 2.13°,TD 前 200 ms 和 150 ms 的踝关节外旋角度较未贴扎时分别减少了 2.59° 和 2.17°,TD 后 100 ms 的落地踝关节外旋角度较未贴扎时减少了 1.59°,差异均有统计学意义($P < 0.05$),详见图 3。

TD 前 150 ms、100 ms、50 ms 和 TD 时,贴扎和未贴扎时的侧向跳跃落地踝关节跖屈角度逐渐增加;TD 时、TD 后 50 ms 和 100 ms,贴扎和未贴扎时的侧向跳跃落地踝关节跖屈角度逐渐减小;TD 后 100 ms、150 ms 和 TD 后 200 ms,贴扎和未贴扎时的侧向跳跃

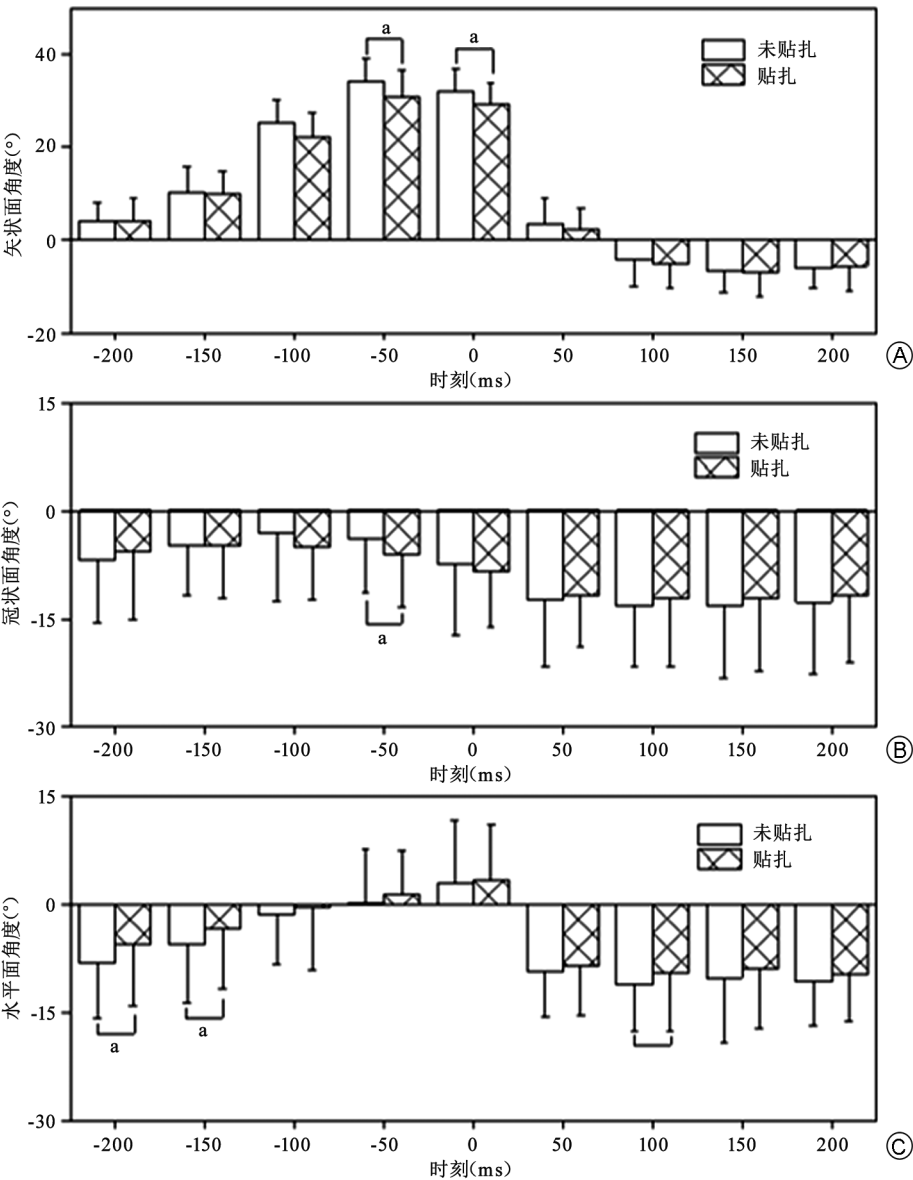
落地踝关节跖屈角度基本保持稳定。侧向跳跃落地,受试者贴扎后 TD 前 50 ms 和 TD 时的踝关节跖屈角度较未贴扎时分别减少了 1.94°和 3.23°,TD 前 50 ms 和 TD 时的踝关节内翻角度较未贴扎时分别减少了 2.86°和 2.87°,TD 前 200 ms 和 150 ms 的踝关节外旋角度较未贴扎时分别减少了 0.93°和 2.36°,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见图 4。

二、正向和侧向跳跃落地时的踝关节角速度

正向跳跃落地中,受试者贴扎后 TD 时和 TD 后

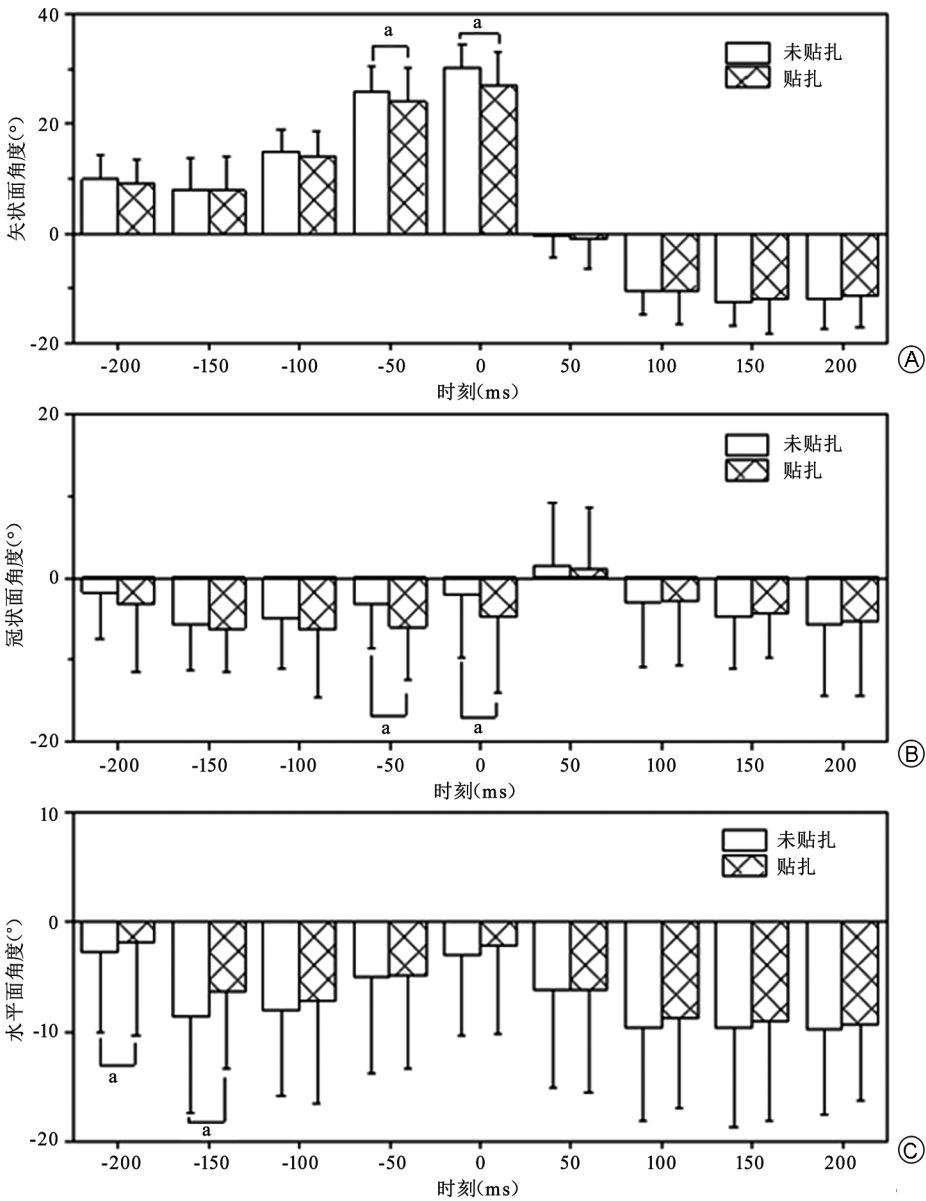
100 ms 的踝关节背屈角速度较未贴扎时分别减少了 58.47°/s 和 28.39°/s,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见图 5。

侧向跳跃落地中,受试者贴扎后 TD 的踝关节背屈角速度较未贴扎时减少了 20.52°/s,踝关节内翻角速度较未贴扎时增加了 49.69°/s,差异均统计学意义($P<0.05$);TD 后 50 ms 时,受试者贴扎后的踝关节外翻角速度较未贴扎时减少了 30.28°/s,差异亦有统计学意义($P<0.05$),详见图 6。



注:A 为踝关节矢状面角度,正值为跖屈角度,负值为背屈角度;B 为踝关节冠状面角度,正值为内翻角度,负值为外翻角度;C 为踝关节水平面角度,正值为内旋角度,负值为外旋角度;a 为贴扎与未贴扎比较, $P<0.05$

图 3 正向跳跃落地踝关节角度



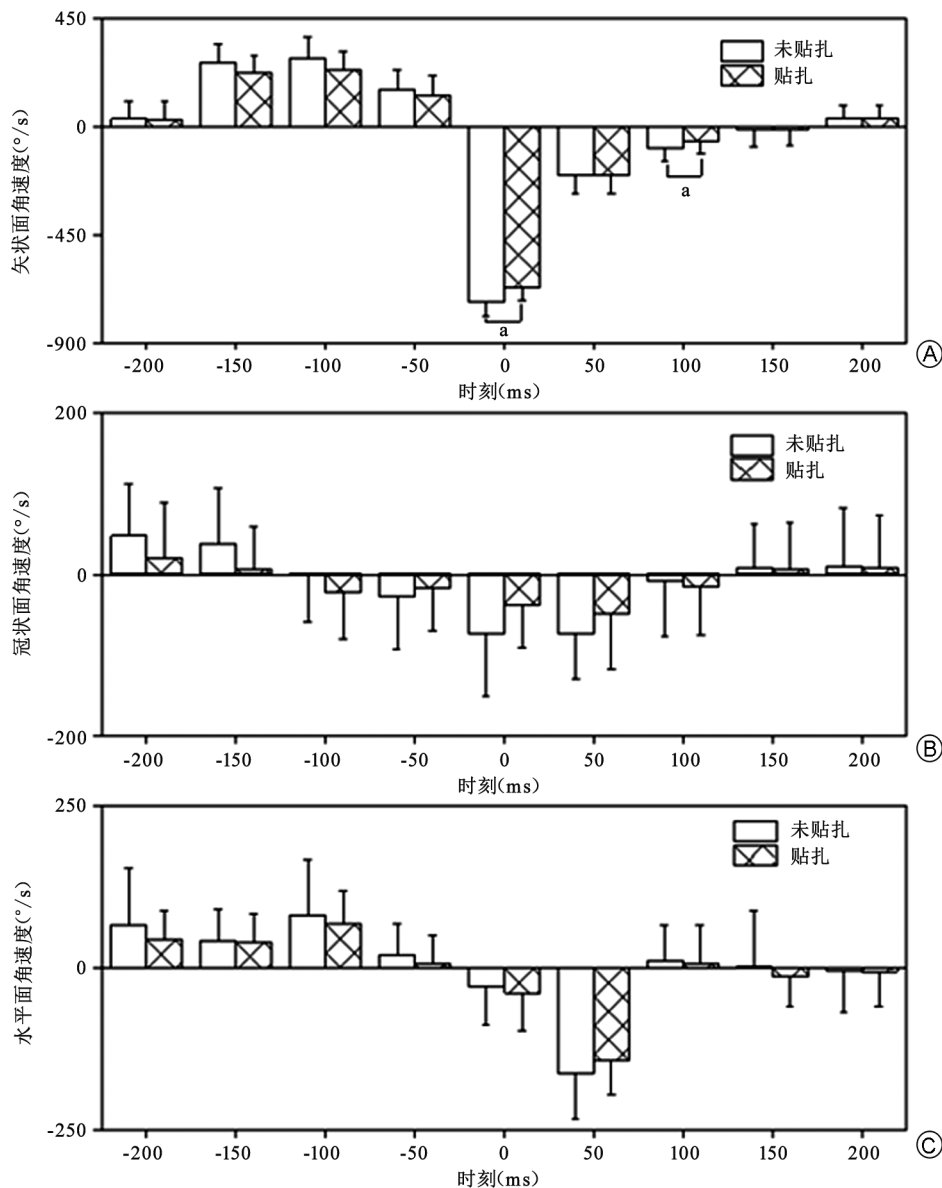
注:A 为踝关节矢状面角度,正值为跖屈角度,负值为背屈角度;B 为踝关节冠状面角度,正值为内翻角度,负值为外翻角度;C 为踝关节水平面角度,正值为内旋角度,负值为外旋角度;a 为贴扎与未贴扎比较, $P<0.05$

图 4 侧向跳跃落地踝关节角度

讨 论

本研究对比分析了踝关节贴扎和未贴扎条件下 CAI 男性篮球二级运动员正向和侧向跳跃落地过程中的踝关节角度和角速度。结果显示,踝关节贴扎条件下正向跳跃落地和侧向跳跃落地 TD 前 50 ms 和 TD 时的踝关节跖屈和内翻角度均减小。本研究结果提示,踝关节贴扎可以影响踝关节落地前的姿势控制即前馈控制,踝关节贴扎对于前馈控制的影响可能是由于增加了踝关节稳定而导致神经肌肉控制功能改变引起的。

有研究表明,CAI 患者距腓前韧带和跟腓韧带的厚度变薄,且纤维排列紊乱,形成的瘢痕修复组织降低了韧带的弹性,肌肉骨骼的稳定作用变弱,踝关节机械效率下降,进而引起神经肌肉控制功能的改变^[11-12]。Delahunt 等^[13]的研究表明,踝关节贴扎可以降低落地 TD 前 50 ms 和 TD 时踝关节跖屈角度,对内翻角度无影响。本研究所得到的踝关节跖屈角度与其相似,但内翻角度与其不同,即踝关节跖屈角度和内翻角度均减小,其主要原因在于试验动作存在差异。本研究中,落地动作存在一定的水平速度,而非固定高度垂直落地,导致动作复杂性增加进而引起贴扎作用增强。



注:A 为踝关节矢状面角速度,正值为跖屈角速度,负值为背屈角速度;B 为踝关节冠状面角速度,正值为内翻角速度,负值为外翻角速度;C 为踝关节水平面角速度,正值为内旋角速度,负值为外旋角速度;a 为贴扎与未贴扎比较, $P<0.05$

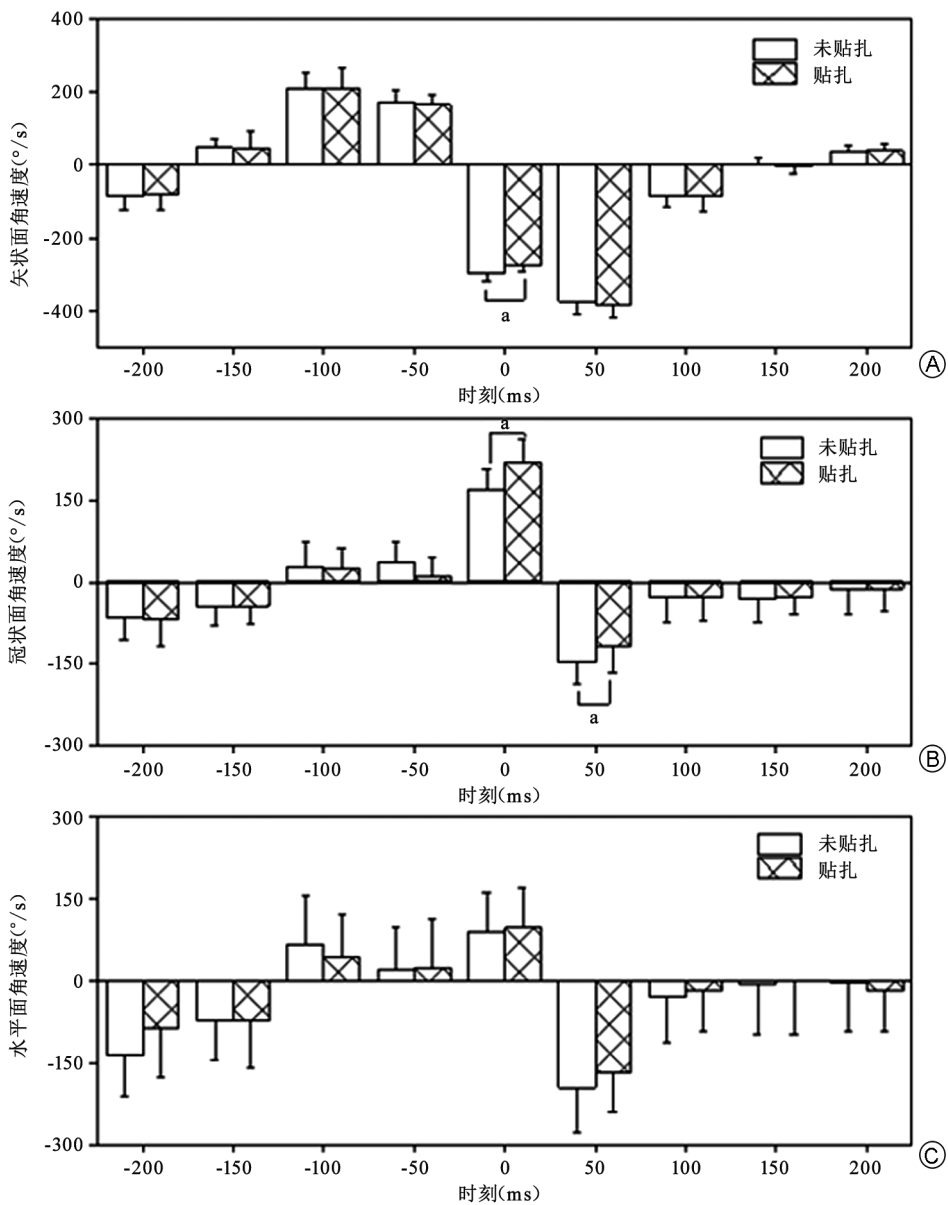
图 5 正向跳跃落地踝关节角速度

研究表明,内翻角度与踝关节扭伤和 CAI 相关^[14-15]。对踝关节角度的控制是踝关节保护机制之一^[16]。踝关节贴扎可以实现对踝关节角度的控制,保持踝关节动态稳定,降低踝关节损伤风险,抑制 CAI 恶化^[5,16-21]。

本研究结果显示,贴扎与未贴扎状态下的踝关节角速度存在差异。踝关节贴扎条件下正向跳跃落地和侧向跳跃落地 TD 踝关节背屈角速度减小。该结果提示踝关节贴扎有利于踝关节动作速度控制,产生此结果的主要原因可能在于神经肌肉控制。本研究中,正向跳跃落地背屈角速度和内翻角速度的结果与

Sarvestan 等^[7]的研究结果相似,即 TD 时背屈角速度减小,内翻角速度无差异;侧向跳跃落地内翻角速度的结果则不同,即侧向跳跃落地 TD 内翻角速度增加。De Ridder 等^[9]曾指出,贴扎对踝关节缓冲角度的有利作用可能会被关节角速度抵消,贴扎对缓冲角度的调整比降低关节角速度更有利于保护关节^[22]。本研究中,踝关节贴扎后跳跃落地内翻角速度远低于踝关节损伤的角速度。

综上所述,踝关节贴扎可影响 CAI 男性篮球二级运动员正向和侧向跳跃落地时踝关节的角度和角速度,即正向和侧向跳跃落地 TD 前 50 ms 和 TD 踝关节



注:A为踝关节矢状面角速度,正值为跖屈角速度,负值为背屈角速度;B为踝关节冠状面角速度,正值为内翻角速度,负值为外翻角速度;C为踝关节水平面角速度,正值为内旋角速度,负值为外旋角速度;a为贴扎与未贴扎比较, $P<0.05$

图6 侧向跳跃落地踝关节角速度

跖屈和内翻角度减小;正向跳跃落地 TD 踝关节背屈角速度减小,侧向跳跃落地 TD 踝关节角速度增加。这些改变可为 CAI 运动康复的研究提供参考。

参 考 文 献

[1] Bonnel F, Toullec E, Mabit C, et al. Chronic ankle instability: bio-mechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2010, 96(4): 424-432. DOI: 10.1016/j.otsr.2010.04.003.

[2] Williams SA, Ng L, Stephens N, et al. Effect of prophylactic ankle taping on ankle and knee biomechanics during basketball-specific tasks in females[J]. Phys Ther Sport, 2018, 32: 200-206. DOI: 10.1016/j.ptsp.2018.04.006.

[3] Tanen L, Docherty CL, Van Der Pol B, et al. Prevalence of chronic ankle instability in high school and division I athletes[J]. Foot Ankle Spec, 2014, 7(1): 37-44. DOI: 10.1177/1938640013509670.

[4] 王海妹, 谢地, 马旭, 等. 踝关节贴扎在优势侧落地动作中对膝关节生物力学特性的影响[J]. 医用生物力学, 2020, 35(6): 679-684. DOI: 10.16156/j.1004-7220.2020.06.005.

[5] Cordova ML, Takahashi Y, Kress GM, et al. Influence of external ankle support on lower extremity joint mechanics during drop landings [J]. J Sport Rehabil, 2010, 19(2): 136-148. DOI: 10.1123/jsr.19.2.136.

[6] Collings TJ, Gorman AD, Stuelcken MC, et al. Exploring the justifications for selecting a drop landing task to assess injury biomechanics;

- a narrative review and analysis of landings performed by female netball players[J]. *Sports Med*, 2019, 49(3): 385-395. DOI: 10.1007/s40279-018-01045-x.
- [7] Sarvestan J, Aghaie Ataabadi P, Svoboda Z, et al. Ankle-knee coupling responses to ankle KinesioTM taping during single-leg drop landings in collegiate athletes with chronic ankle instability[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2021, 61(4): 582-591. DOI: 10.23736/s0022-4707.20.11264-7.
- [8] Hiller CE, Kilbreath SL, Refshauge KM. Chronic ankle instability: evolution of the model[J]. *J Athl Train*, 2011, 46(2): 133-141. DOI: 10.4085/1062-6050-46.2.133.
- [9] De Ridder R, Willems T, Vanrenterghem J, et al. Taping benefits ankle joint landing kinematics in subjects with chronic ankle instability[J]. *J Sport Rehabil*, 2020, 29(2): 162-167. DOI: 10.1123/jsr.2018-0234.
- [10] 姚军威, 韦俏丽, 马勇, 等. 基于 Anybody 的足球运动员大角度侧切下肢生物力学仿真分析[J]. *中国运动医学杂志*, 2022, 41(01): 9-16. DOI: 10.16038/j.1000-6710.2022.01.011.
- [11] Kerkhoffs GM, Van Den Bekerom M, Elders LA, et al. Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: an evidence-based clinical guideline[J]. *Br J Sports Med*, 2012, 46(12): 854-860. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090490.
- [12] Jung HG, Kim NR, Kim TH, et al. Magnetic resonance imaging and stress radiography in chronic lateral ankle instability[J]. *Foot Ankle Int*, 2017, 38(6): 621-626. DOI: 10.1177/1071100717693207.
- [13] Delahunt E, O'driscoll J, Moran K. Effects of taping and exercise on ankle joint movement in subjects with chronic ankle instability: a preliminary investigation[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2009, 90(8): 1418-1422. DOI: 10.1016/j.apmr.2009.01.024.
- [14] Willems T, Witvrouw E, Delbaere K, et al. Relationship between gait biomechanics and inversion sprains: a prospective study of risk factors[J]. *Gait Posture*, 2005, 21(4): 379-387. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2004.04.002.
- [15] De Ridder R, Willems T, Vanrenterghem J, et al. Multi-segment foot landing kinematics in subjects with chronic ankle instability[J]. *Clin Biomech*, 2015, 30(6): 585-592. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2015.04.001.
- [16] Wright IC, Neptune RR, Van Den Bogert AJ, et al. The influence of foot positioning on ankle sprains[J]. *J Biomech*, 2000, 33(5): 513-519. DOI: 10.1016/s0021-9290(99)00218-3.
- [17] Hopper DM, Menair P, Elliott BC. Landing in netball: effects of taping and bracing the ankle[J]. *Br J Sports Med*, 1999, 33(6): 409-413. DOI: 10.1136/bjsm.33.6.409.
- [18] Hall EA, Simon JE, Docherty CL. Using ankle bracing and taping to decrease range of motion and velocity during inversion perturbation while walking[J]. *J Athl Train*, 2016, 51(4): 283-290. DOI: 10.4085/1062-6050-51.5.06.
- [19] 李星漫, 卢书源, 万祥林. 贴扎和不同种类护踝对踝关节保护效果的研究[J]. *医用生物力学*, 2021, 36(S1): 124.
- [20] Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Changes in lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump[J]. *J Orthop Res*, 2006, 24(10): 1991-2000. DOI: 10.1002/jor.20235.
- [21] Santilli V, Frascarelli MA, Paoloni M, et al. Peroneus longus muscle activation pattern during gait cycle in athletes affected by functional ankle instability: a surface electromyographic study[J]. *Am J Sports Med*, 2005, 33(8): 1183-1187. DOI: 10.1177/0363546504274147.
- [22] Fong DT, Ha SC, Mok KM, et al. Kinematics analysis of ankle inversion ligamentous sprain injuries in sports: five cases from televised tennis competitions[J]. *Am J Sports Med*, 2012, 40(11): 2627-2632. DOI: 10.1177/0363546512458259.

(修回日期:2023-01-02)

(本文编辑:阮仕衡)