

·临床研究论著·

双环稳定理论指导旋前-外旋Ⅳ度踝关节骨折治疗的生物力学研究

刘继伟¹ 宝泉¹ 刘敏毅¹ 阿古达木¹ 张琨¹ 连建强²

【摘要】 目的 应用生物力学方法,验证“双环稳定理论”对旋前-外旋Ⅳ度踝关节骨折治疗的指导意义。方法 6例冰鲜尸体标本,制作旋前-外旋Ⅳ度踝关节骨折模型,为控制变量模型仅行前踝截骨(下胫腓前韧带完整),后踝截骨(下胫腓后韧带完整),骨间韧带切断至踝上10 cm。分别在完整组(工况1)、模型组(工况2)、单固定后踝(工况3)、单固定前踝(工况4)、下胫腓螺钉固定(工况5)五种工况下,对标本轴向加载600 N并外旋20°,固定踝关节后行CT平扫获取参数,测量并计算下胫腓联合间隙宽度、胫腓骨前后缘距离差和下胫腓联合面积比。结果 6组标本工况2的下胫腓联合间隙宽度值均显著高于其余工况,差异具有统计学意义($P < 0.05$);除工况2外,其余工况下胫腓联合间隙宽度值差异无统计学意义($P > 0.05$)。6组标本工况2的胫腓骨前后缘距离差绝对值均大于2 mm,发生率远大于其余工况,差异具有统计学意义($P < 0.05$);其余工况均小于2 mm,两两之间差异无统计学意义($P > 0.05$)。6组标本工况2与工况1的下胫腓联合面积比 ≥ 1.56 发生率为100%,大于工况3~5与工况1的发生率(0),差异具有统计学意义($P < 0.05$);工况3~5与工况1的下胫腓联合面积比 ≥ 1.56 的发生率组间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论 对于旋前-外旋Ⅳ度踝关节骨折的治疗,“双环稳定理论”具有指导意义。

【关键词】 踝关节;下胫腓联合;环理论;双环;水平环

Biomechanical Study of Double Ring Stability Theory Guides the Treatment of IV Degree Pronation-external Rotation Ankle Fracture. Liu Jiwei¹, Bao Quan¹, Liu Minyi¹, A Gudamu¹, Zhang Kun¹, Lian Jianqiang². ¹Baotou Medical College of Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China; ²Department of Hand, Foot and Ankle Surgery, the First Affiliated Hospital of Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China

Corresponding author: Lian Jianqiang, E-mail: Lian200655@163.com

【Abstract】 **Objective** To verify the guiding significance of ‘double ring stability theory’ in the treatment of IV degree pronation-external rotation ankle fracture by biomechanical methods. **Methods** The experimental model of ankle fracture with IV degrees of pronation-external rotation was established using 6 fresh cadaver specimens. In order to control the variables, the anterior ankle osteotomy (intact anterior inferior tibiofibular ligament), posterior ankle osteotomy (intact posterior inferior tibiofibular ligament), and resection of the interosseous tibiofibular ligament 10 cm above the ankle were done. In the complete group (working condition 1), the model group (working condition 2), the single fixed posterior ankle (working condition 3), the single fixed anterior ankle (working condition 4), and the lower tibiofibular screw fixation (working condition 5), the specimens were axially loaded 600 N, outward rotated 20°, and the parameters were obtained by CT plain scan after the ankle joint was fixed. The width of the lower tibiofibular joint space, the absolute difference of the distance between the anterior and posterior edges of the tibiofibular joint and the ratio of the lower tibiofibular joint area were measured. **Results** In the 6 groups of specimens, the width of the lower tibiofibular joint space in working condition 2 was significantly greater than the other working conditions ($P < 0.05$); the difference was not significant except working condition 2 ($P > 0.05$). The absolute difference of the distance between the anterior and posterior edges of the tibiofibular joint of working condition 2 was greater than 2 mm, and the incidence was significantly greater than the other working conditions ($P < 0.05$); that of other working conditions was less than 2 mm, and the difference between the samples was not statistically significant ($P > 0.05$). The ratio of the lower tibiofibular joint greater than 1.56 times between working condition 2 and working condition 1 was 100%, greater than 0 in working conditions 3-

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.03.009

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金项目(2020LH08003); 内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZY21078)

作者单位: 1. 内蒙古科技大学包头医学院, 内蒙古包头 014010; 2. 内蒙古科技大学包头医学院第一附属医院手足踝外科, 内蒙古包头 014010

通信作者: 连建强, E-mail: Lian200655@163.com

5 to working condition 1, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$); the incidence of working condition 3-5 to working condition 1 was not statistically significant ($P > 0.05$). **Conclusion** The ‘double ring stability theory’ is of guiding significance for the treatment of IV degree pronation-external rotation ankle fracture.

【Key words】 Ankle joint; Lower tibiofibular joint; Ring theory; Double ring; Horizontal plane ring

踝关节骨折是临床上最常见的关节内骨折之一,约占全身骨折的3.9%,其中伴随下胫腓联合损伤的踝关节骨折约为20%^[1]。下胫腓联合是维持踝关节稳定的重要结构,所以在踝关节骨折的治疗中,除对骨性结构的坚强固定外,下胫腓联合的治疗也尤为重要。

目前,踝关节骨折合并下胫腓联合损伤治疗的主要理论为Neer在1953年提出的“环稳定理论”^[2],是由下胫腓复合体、外踝骨韧带复合体、内踝骨韧带复合体在冠状面共同构成的环形结构。该理论指出:环中仅有一处断裂,踝穴是稳定的;环中两处及以上断裂,踝穴是不稳定的。但是,按照“环稳定理论”难以解释旋前-外旋IV度踝关节骨折内外侧结构稳定性重建后Cotton试验仍呈阳性,仍需修复重建下胫腓联合这一问题。若下胫腓联合损伤,则踝穴失去稳定性,不妥善处理将导致踝关节创伤性关节炎及退行性变。

因此,本课题组在“环稳定理论”的基础上提出假设:踝关节在水平面也存在“环”结构,与经典“环稳定理论”中的冠状面环共同组成“双环稳定理论”^[3]。即双环中每一环仅有一处断裂,认为踝关节是稳定的;每一环中两处或两处以上断裂,认为踝关节是不稳定的。鉴于此,通过尸体模拟Lauge-Hansen分型旋前-外旋IV度踝关节骨折且内、外踝骨折已坚强固定后的试验模型,根据“双环稳定理论”固定踝关节水平面环结构,并进行生物力学研究,验证其可靠性,并探究该理论对旋前-外旋IV度踝关节骨折治疗的指导意义。

资料与方法

一、研究对象

成人新鲜冰冻下肢标本6例,由内蒙古科技大学包头医学院解剖教研室提供。肢体标本来源均为男性,年龄25~75岁,体重65~75 kg,体长168~180 cm,标本于膝关节上方水平截肢,截取标本于-20℃低温冰柜中保存。所有标本无足踝部畸形,无肌肉、韧带和肌腱的损伤及挛缩等病理改变,无既往手术史,影像学排除骨折、骨质疏松等病变。试验前12 h将标本放置室温下自然解冻。去除踝关节周围及小腿皮肤、肌肉、肌腱,保留上胫腓关节周

围软组织结构完整,保留胫腓骨骨间膜、踝关节关节囊及内外侧副韧带、下胫腓联合韧带的完整。本研究经内蒙古科技大学包头医学院第一附属医院医学伦理委员会审批同意[2023伦理审查第(L0118)号]。

二、加载方法

通过特制的夹具将标本膝关节及足部固定于电子万能材料试验机(上海衡翼精密仪器有限公司HY-3080)。保持试验足中立位、旋前位,对标本进行轴向加载和外旋扭转(图1)。以10 mm/min的速率轴向加载至600 N之后,稳定载荷不变,然后外旋踝关节至固定角度20°,稳定轴向载荷及扭转角度5 min,四枚金属骨针于踝关节上下将踝关节固定于木质板,保持踝关节位置及角度不变(骨针位置对踝穴及下胫腓联合无影响),将加载固定后的标本去载进行踝关节CT平扫,数据以DICOM格式输出保存,并将数据导入三维重建软件Mimics Research 21.0(Materialise公司,比利时),测量数据并计算。

三、加载内容与测量方法

①首先在标本完整状态下进行加载,即完整组(工况1);②将标本制备成旋前-外旋IV度踝关节骨折模型,为控制变量,内、外踝骨性结构均未被破坏,相当于给予胫腓骨以坚强固定。依下胫腓前、后韧带在胫骨附着点面积进行胫骨截骨,制作Tillaux-Chaput骨块和Volkman骨块,切开踝穴上方10 cm骨间膜进行加载,水平面环已缺损两处,即模型组(工况2),骨折模型制备完毕后,行拉钩试验和外旋应力试验,观察见下胫腓联合分离;③螺钉固定后踝Volkman骨块,不固定前踝进行加载,即单固定后踝



图1 生物力学试验加载

(工况 3);④螺钉固定前踝 Tillaux-Chaput 骨块,不固定后踝进行加载,即单固定前踝(工况 4);⑤单螺钉、四皮质置入下胫腓螺钉,不固定前、后踝骨块,切断内三角韧带进行加载,即下胫腓螺钉固定(工况 5)。五种标本状态如图 2 所示。

选取距离胫距关节面(踝穴穹窿顶)上 10 mm 的 CT 平扫图像进行参数测量及计算。本次研究主要分析以下三个指标:①下胫腓联合间隙宽度,测量胫骨前丘与腓骨最前端距离为 a,胫骨后丘与腓骨最后端距离为 b,腓骨内侧壁和胫骨外侧面切迹最深处距离为 c,测量 3 次,取其平均值,若大于 6 mm,则说明下胫腓联合损伤(图 3 a);②胫腓骨前后缘距离差,即 a、b 差值的绝对值,若大于 2 mm 提示下胫腓联合损伤;③下胫腓联合面积比,即 a、b 与胫骨外侧缘、腓骨内侧缘之间的面积 S,所得面积若为完整时面积的 1.56 倍甚至更大,表示下胫腓联合分离(图 3 a)。

因为存在个体差异,数据对比均在同一标本不同工况间比较。针对胫骨前后踝截骨加载后的骨块移位问题,进行图像处理,用透明卡片对移位骨块描写,旋转归位后进行测量(图 3 b)。

四、统计学分析

使用 SPSS 21.0(IBM 公司,美国)进行统计分析,6 组标本不同工况的下胫腓联合间隙宽度采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,数据满足正态性,多组间比较采用单因素方差分析,两两组间比较采用 LSD 法分析。6 组标本不同工况的胫腓骨前后缘距离差是否大于 2 mm,以及 6 组标本工况 2~5 与工况 1 的下胫腓联合面积比是否大于 1.56 采用发生率(%)表示,整体比较与组间比较采用卡方分析。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、下胫腓联合间隙宽度结果

在试验足保持中立旋前位置时给予轴向载荷

600 N 联合外旋扭转 20° 下,6 组标本从工况 1 至工况 5 下胫腓联合间隙宽度结果见表 1。6 组标本工况 2 的下胫腓联合间隙宽度水平均明显高于其余工况,差异具有统计学意义($P < 0.05$);而工况 1、工况 3、工况 4、工况 5,四工况间下胫腓联合间隙宽度相近,差异无统计学意义($P > 0.05$)。

二、胫腓骨前后缘距离差结果

6 组标本工况 2 的胫腓骨前后缘距离差绝对值均大于 2 mm,发生率高于其余 4 个工况,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。其余工况胫腓骨前后缘距离差绝对值均小于 2 mm,两两比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。

三、下胫腓联合面积比结果

6 组标本工况 2/工况 1 面积比 ≥ 1.56 发生率为 100%,其余工况与工况 1 的面积比 ≥ 1.56 发生率均为 0,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。工况 3/工况 1、工况 4/工况 1 和工况 5/工况 1 的下胫腓联合面积比 ≥ 1.56 发生率两两比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。

讨 论

一、踝关节解剖及“双环”构成

踝关节的构成分为骨性结构和韧带结构,其中骨性结构包括胫骨、腓骨、距骨,韧带结构包括下胫腓联合韧带以及内、外侧韧带复合体。下胫腓联合韧带由下胫腓前韧带及其在胫腓骨附着点、下胫腓后韧带和下胫腓横韧带及其在胫腓骨附着点和骨间膜共同构成^[4]。内、外侧韧带复合体包括踝关节内、外两侧的深浅两层韧带结构。

“双环”中的冠状面环包括内侧复合体(内踝及内三角韧带)、外侧复合体(外踝及外侧三角韧带)和下胫腓联合。水平面环包括下胫腓前韧带、下胫腓后韧带和下胫腓横韧带、骨间膜、内侧复合体和外侧复合体,两环紧密相连。因骨间膜力量传递,在水平

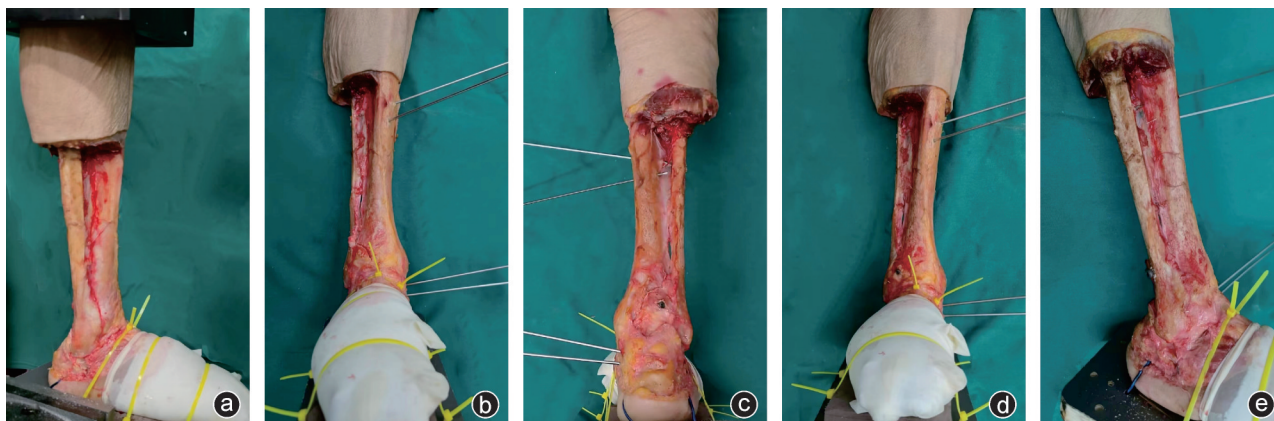


图 2 五种状态的标本 a:完整组;b:模型组,即前踝截骨、后踝截骨及骨间韧带切开;c:单固定后踝;d:单固定前踝;e:下胫腓螺钉固定

表1 6组标本不同工况下的下胫腓联合间隙宽度($\bar{x}\pm s$, mm)

	标本1	标本2	标本3	标本4	标本5	标本6
工况1	3.63±1.11*	3.41±1.43*	3.81±1.14*	3.77±1.38*	2.92±1.33*	2.97±1.20*
工况2	8.18±2.68	8.20±2.99	8.12±2.84	8.28±3.01	8.32±2.61	8.56±2.33
工况3	3.71±1.03*	3.72±0.78*	3.64±1.06*	3.60±1.00*	3.47±1.32*	3.45±1.24*
工况4	3.77±1.38*	3.74±1.50*	3.72±1.53*	3.78±1.43*	2.99±1.31*	3.09±1.21*
工况5	3.91±1.50*	3.92±1.44*	3.89±1.64*	3.96±1.49*	3.79±1.23*	3.68±1.17*
P值	0.027	0.038	0.043	0.041	0.011	0.005

注:与工况2比较,*P<0.05

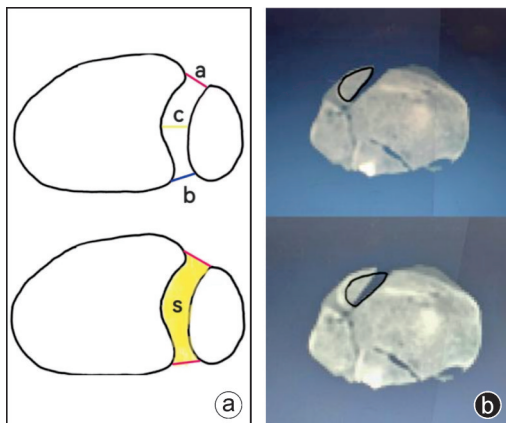


图3 影像测量 a:数据测量图示;b:卡片描写转位后骨块

环中,若单纯下胫腓前韧带或后韧带损伤,则不认为是损伤一处,若下胫腓前韧带或后韧带合并骨间膜损伤则为水平环损伤一处。本次试验模型选择旋前-外旋IV度踝关节骨折,是因为此类型骨折在冠状面环和水平环损伤均超过两处,且腓骨高位骨折伴骨间膜损伤超过下胫腓联合平面^[5]。

目前很多学者发现踝关节存在水平面稳定环。有研究提出踝关节除在冠状面存在稳定环外,在水平面上同样存在稳定环^[6-8]。Littlechild等^[9]在研究下胫腓前、后韧带在踝关节骨折稳定性中的作用时,仅仅观察了这些韧带在冠状面不稳定性,未考虑其在体内的旋转稳定性。Privalov等^[10]在研究中发现对于合并韧带联合损伤的骨折,只进行胫腓骨固定,并不能完全纠正腓骨外旋,不足以实现解剖复位,必须对水平面上的韧带联合进行额外的固定。

二、旋前-外旋IV度踝关节骨折水平面环的治疗

旋前-外旋IV度踝关节骨折,若只单纯固定内外踝骨性结构,即试验模型组(工况2),则踝穴仍然不稳定,仍需对下胫腓韧带联合进一步固定,这是因为该型骨折腓骨高位骨折,骨间膜随之纵向上劈裂,虽内外踝固定后冠状面环上只损伤下胫腓联合一处,但在水平环中,下胫腓前韧带、下胫腓后韧带及骨间膜均损伤,水平面环缺损两处,所以当施加轴

向载荷及外旋力时,胫腓骨间隙明显增宽。临床手术中常用Cotton试验和拉钩试验也可判断下胫腓联合分离,治疗过程中恢复胫骨-腓骨解剖关系,是踝关节骨折伴下胫腓联合损伤获得良好预后的关键^[11]。

当冠状面环缺损下胫腓联合一处时,再修复水平面环的后踝Volkman骨块或前踝Tillaux-Chaput骨块,则双环均损伤一处,即试验中单固定后踝(工况3)和单固定前踝(工况4),踝关节可保持稳定。一些伴下胫腓联合损伤的踝关节骨折虽累及后踝骨折,但是下胫腓后韧带仍完整并附着于后踝骨折块上,所以对于可进行螺钉或钢板固定的后踝骨折块固定时,下胫腓后韧带强度随之恢复。Gardner等^[12]通过尸体模拟旋前-外旋IV度踝关节骨折的治疗,发现后踝骨折块固定可恢复70%的韧带联合刚度,并且后踝的固定还能恢复胫骨远端关节面,这对胫距接触面积和压力具有重要意义^[13]。

合并前踝Tillaux-Chaput骨块的踝关节骨折比较少见,目前很多学者在临床治疗中对Tillaux-Chaput骨块进行固定后,发现疗效良好。Lin等^[14]随访了62例合并下胫腓联合损伤的踝关节骨折病人,在骨折固定后行下胫腓前韧带修复或置入下胫腓螺钉,结果无明显差异。王建等^[8]在其文章中描述合并Tillaux-Chaput骨折的踝关节骨折,对骨块进行内固定治疗,可获得较好的临床效果。陆圣君等^[15]也认为通过韧带修复或骨折块的固定重建下胫腓关节,可以减少下胫腓螺钉的使用,保留下胫腓关节的微动功能。

置入下胫腓螺钉,切断内三角韧带,即下胫腓螺钉固定(工况5),模拟临床中常见的内踝三角韧带断裂情况。这一类型无论冠状面环或水平面环,均损伤内踝三角韧带一处。试验行下胫腓螺钉固定后,虽然各项指标显示下胫腓联合稳定,但在应力旋转后,从冠状位CT可见内踝间隙增宽,也就是说失去了内侧三角韧带的限制,负重下距骨发生移位。临床治疗过程中,置入下胫腓螺钉后,无论是否修复内侧三角韧带,踝穴即刻稳定性良好,损伤的内侧三

角韧带通过石膏固定或 2~3 个月的禁止负重逐渐愈合,而目前针对踝关节骨折合并三角韧带损伤是否应该一期修复也存在争议^[16],并且有学者正在探索运用三角韧带修复术替代下胫腓螺钉固定^[17]。Sun 等^[18]对 41 例踝关节骨折病人进行前瞻性研究,对比用距骨锚钉加强三角韧带深层、用内踝前缘的锚钉修复三角韧带浅层和不修复三角肌韧带深层 3 组病人预后,结果提示无明显差异,不推荐修复三角韧带。

三、CT 影像诊断下胫腓联合损伤

对于下胫腓联合损伤的诊断,CT 诊断的漏诊率远远小于 X 线检查,敏感性远远大于 X 线检查,并且 CT 可以更全面地显示踝关节空间解剖结构^[19],所以本次试验参考的数据选择在 CT 影像上进行测量计算。所有测量数据均选取踝关节面上 10 mm 水平,下胫腓联合间隙宽度是临床中常用的指标,能够更好地整体反映出下胫腓联合间隙宽度的变化。但下胫腓联合前、后距离差这项指标来源于西方病人,对亚洲人种并不可靠^[20],虽然最后结果满足下胫腓联合分离,但直观可见各工况前、后距离差相差甚小。下胫腓联合面积的测量是一种更敏感的诊断办法^[21],Lee 等^[22]通过踝关节骨折病人健侧与患侧 CT 数据对比得出,若下胫腓联合面积较健侧大 1.56 倍,则表明其损伤的可能性很大,但他的数据均为非负重状态下测得,本次研究模型组(工况 2)与完整组(工况 1)比值均在 2 倍以上,可能是因为负重外旋加大了下胫腓分离程度。

四、研究的不足

由于尸体标本数量的限制,可能出现统计结果偏倚。本研究所获取的影像资料均为人工测量,虽多次测量,仍存在误差。

五、小结

本次试验研究,我们证实了踝关节在解剖结构及功能上确切存在水平环,对于旋前-外旋 IV 度踝关节骨折的治疗,若单纯考虑冠状面环,踝关节难以维持稳定,所以对水平面环的韧带及骨性结构需明确治疗。

参 考 文 献

- [1] Bejarano-Pineda L, Guss D, Waryasz G, et al. The syndesmosis, Part I: anatomy, injury mechanism, classification, and diagnosis [J]. Orthop Clin North Am, 2021, 52(4): 403-415.
- [2] Neer CS. Injuries of the ankle joint: evaluation [J]. Conn State Med, 1953, 17(7): 580-583.
- [3] 连建强, 吕国栋, 胡雪峰, 等. “双环稳定理论”在旋前-外旋 IV 度踝骨折的回顾性研究 [J]. 实用医学杂志, 2022, 38(8 月增刊): 32-34.
- [4] Pogliacomi F, De Filippo M, Casalini D, et al. Acute syndesmotom injuries in ankle fractures: from diagnosis to treatment and current concepts [J]. World J Orthop, 2021, 12(5): 270-291.
- [5] 杨衡, 陈宇, 弋卓君, 等. 小切口联合全修复策略治疗 Lauge-Hansen 旋前-外旋型 IV 度踝关节闭合骨折 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(6): 730-736.
- [6] 李琪琛, 韩树峰, 贾二龙, 等. 踝关节骨折伴三角韧带损伤的修复与重建 [J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(11): 1793-1798.
- [7] 王诚, 施忠民. 踝关节骨折的稳定性评估与治疗的研究进展 [J]. 中华创伤杂志, 2022, 38(10): 931-937.
- [8] 王建, 高龙, 冉建, 等. 合并 Tillaux-Chaput 骨折的成人踝关节骨折临床特点及手术疗效 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26(18): 1719-1722.
- [9] Littlechild J, Mayne A, Harrold F, et al. A cadaveric study investigating the role of the anterior inferior tibio-fibular ligament and the posterior inferior tibio-fibular ligament in ankle fracture syndesmosis stability [J]. Foot Ankle Surg, 2020, 26(5): 547-550.
- [10] Privalov M, Swartman B, Beisemann N, et al. Influence of unstable ankle fracture (type Weber C), osteosynthesis and syndesmotom transfixation on position of fibula in tibiofibular notch: a cadaveric study [J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2022, 48(2): 1445-1452.
- [11] Schmetzke M, Vetter SY, Beisemann N, et al. Management of syndesmotom injuries: what is the evidence? [J] World J Orthop, 2016, 7(11): 718-725.
- [12] Gardner MJ, Brodsky A, Briggs SM, et al. Fixation of posterior malleolar fractures provides greater syndesmotom stability [J]. Clin Orthop Relat Res, 2006, 447: 165-171.
- [13] 叶文斌, 陈志达, 陈卫, 等. 一期内侧和外侧双切口治疗伴 Bartonicek III 型后踝骨块的三踝骨折 [J]. 骨科, 2022, 13(4): 315-319.
- [14] Lin X, Tu C, Lin W, et al. Comparison the treatment of anterior inferior tibiofibular ligament anatomical repair and syndesmosis screw fixation for syndesmotom injuries in ankle fracture [J]. BMC Surg, 2023, 23(1): 80.
- [15] 陆圣君, 廖全明, 王克军, 等. 旋前-外旋型踝关节骨折的诊断与治疗体会 [J]. 骨科, 2017, 8(2): 144-146.
- [16] 明晓锋, 曹向阳, 王振, 等. 踝损伤伴三角韧带完全断裂的手术治疗 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31(16): 1519-1522.
- [17] 李琪琛, 韩树峰, 贾二龙, 等. 踝关节骨折伴三角韧带损伤的修复与重建 [J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(11): 1793-1798.
- [18] Sun X, Li T, Sun Z, et al. Does routinely repairing deltoid ligament injuries in type B ankle joint fractures influence long term outcomes? [J]. Injury, 2018, 49(12): 2312-2317.
- [19] Chang AL, Mandell JC. Syndesmotom ligaments of the ankle: anatomy, multimodality imaging, and patterns of injury [J]. Curr Probl Diagn Radiol, 2020, 49(6): 452-459.
- [20] Elgafy H, Semaan HB, Blessinger B, et al. Computed tomography of normal distal tibiofibular syndesmosis [J]. Skeletal Radiol, 2010, 39(6): 559-564.
- [21] Malhotra G, Cameron J, Toolan BC. Diagnosing chronic diastasis of the syndesmosis: a novel measurement using computed tomography [J]. Foot Ankle Int, 2014, 35(5): 483-488.
- [22] Lee SW, Lee KJ, Park CH, et al. The valid diagnostic parameters in bilateral CT scan to predict unstable syndesmotom injury with ankle fracture [J]. Diagnostics (Basel), 2020, 10(10): 812.

(收稿日期: 2024-03-26)

(本文编辑: 龚哲妮)

引用格式

刘继伟, 宝泉, 刘敏毅, 等. 双环稳定理论指导旋前-外旋 IV 度踝关节骨折治疗的生物力学研究 [J]. 骨科, 2024, 15(3): 243-247. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.03.009.