

文章编号:1004-7220(2009)06-0434-05

## PCL 双束重建术中股骨隧道定位对移植物等距特性的影响

刘敏<sup>1</sup>, 林瑞新<sup>1</sup>, 杨国敬<sup>1</sup>, 张力成<sup>1</sup>, 蔡春元<sup>1</sup>, 张东升<sup>2</sup>, 汤呈宣<sup>1</sup>, 王伟良<sup>1</sup>

(1. 温州医学院附属第三医院 骨科 瑞安 325200; 2. 上海大学理学院 力学系, 上海 200444)

**摘要:** **目的** 探讨后交叉韧带(PCL)双束重建术中股骨隧道定位变化对移植物等距特性的影响。**方法** 取10具正常成人新鲜膝关节标本,将后交叉韧带分为前外侧束和后内侧束,分别在双束股骨附丽部上选前、后、中、近、远十个测试点,用细软钢丝将各点与胫骨附丽部中点相连,用百分表测量膝关节 $0^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 活动范围内各钢丝关节内长度的变化。**结果** 比较各点的钢丝在关节内长度变化发现,其中前外侧束的近点、后点和后内侧束的近点这3点长度的最大值均不超过2 mm。且对前外侧束的近点、后点进行两两比较,发现差异无统计学差异( $P > 0.05$ )。**结论** 在后交叉韧带双束重建中,前外侧束应以其股骨附丽部上缘的中点(即近测试点)为中心钻孔;后内侧束应以其股骨附丽部上缘(即近测试点)为中心钻孔建立股骨隧道。

**关键词:** 后交叉韧带; 股骨止点; 重建; 等长点**中图分类号:** R318.01 **文献标志码:** A

## Isometry of grafts in PCL reconstruction under femoral tunnel shifting condition

LIU Min<sup>1</sup>, LIN Rui-xin<sup>1</sup>, YANG Guo-Jing<sup>1</sup>, ZHANG Li-cheng<sup>1</sup>, CAI Chun-yuan<sup>1</sup>, Zhang Dong-sheng<sup>2</sup>, TANG Cheng-xuan<sup>1</sup>, Wang Wei-liang<sup>1</sup> (1. The Third Affiliated Hospital Of Wenzhou Medical College, Wenzhou 325000, China; 2. Department of Mechanics Shanghai University, Shanghai 200444, China)

**Abstract: Objective** To explore the isometry of grafts in PCL (posterior cruciate ligament) double-bundle reconstruction under femoral tunnel shifting condition. **Method** Knee specimens from ten fresh frozen cadavers were used. PCL were divided into anterolateral bundles (ALB) and posteromedial bundles (PMB) to the insertion footprint. The anterior, posterior, proximal, distal and central points of the two bundles' femoral attachment site were respectively anchored to the middle of the PCL's tibial attachment site by the trial wires. Changes in length of the intra-articular part of the wires were recorded while the knee was flexed from  $0^{\circ}$  to  $120^{\circ}$ . **Result** The length changes in every point were compared. All of the maximal length changes of ALB's proximal, posterior points and PMB's proximal points were not greater than 2mm. No significant difference between the length changes of ALB's proximal point and posterior ( $P = 0.864 > 0.05$ ) was found. **Conclusions** The femoral tunnel for the PCL double-bundle reconstruction should be located as follows: ALB should be at the middle point of upper edge of femoral attachment site (proximal point), while PMB at the middle point of femoral attachment site (proximal point).

**Key words:** Posterior cruciate ligament; Femoral attachment; Reconstruction; Isometric point

收稿日期:2009-06-22; 修回日期:2009-11-09

基金项目:温州市科技局项目基金(20082085),温州市科技局项目基金(Y20090206)。

作者简介:刘敏(1984-),男,研究方向:骨与关节损伤。

通讯作者:林瑞新, Tel: (0577) 65623293; E-mail: lm\_idea@yahoo.com.cn。

膝关节后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL) 可分为相对独立的两束:前外侧束 (anterolateral bundle, ALB) 和后内侧束 (posteromedial bundle, PMB)。近年来,各种双束重建技术被广泛应用到关节镜下 PCL 重建术中<sup>[1-3]</sup>,而临床最常用的主要是双束股骨双隧道重建技术,即在 PCL 双束股骨端止点处各钻一隧道,分别引入两根移植物,胫骨止点仍采用单隧道或 Inlay 技术。由于 PCL 的解剖结构和生物学特性的复杂性,术中双束隧道的合理选择被认为是直接影响重建手术成败的关键因素之一<sup>[4]</sup>。为了减少术后膝关节僵硬、移植物被过度拉伸而松弛和两端固定失败等并发症的发生,对于此类韧带重建手术多强调等长重建。

目前对于 PCL 双束重建临床一般采用各束止点中心定位法,即将隧道定位于 ALB 与 PMB 股骨止点的中心点,而其中心点远非其等长点<sup>[5,6]</sup>。查阅文献可知既往关于 PCL 等距特性的研究多倾向于将其作为一个整体,而对于其双束等距特性缺乏相关测量数据。本实验通过对离体膝关节标本 PCL 股骨附着点上各点对移植物长度变化影响的测量,掌握其更为详细的等距特性资料,为临床双束重建 PCL 的治疗提供参考。

## 1 材料与方法

新鲜冰冻膝关节标本 10 具,股骨端至少保留 20 cm,远段则完整保留。排除关节明显退变、畸形及韧带损伤。其中男性 6 例,女性 4 例,左侧 5 例,右侧 5 例,死亡年龄 43~89 岁,平均年龄 64 岁。新鲜标本在 -20℃ 冰柜中保存 15~30 d 不等。

## 2 方法

实验前 1 天,将新鲜冰冻标本室温下溶解。取膝后正中切口和前内侧切口显露整段 PCL 及其两端止点。屈、伸膝关节,分别在屈曲位和伸直位分辨出 PCL 的 ALB 和 PMB。在 PCL 体部靠近股骨侧将双束分开,向两端作钝性分离直达两束止点。然后仔细将 ALB、PMB 自股骨、胫骨附着处剥离 (如图 1),用记号笔将双束附着区轮廓划出并选取测试点 (如图 2):股骨端分别以双束中点为圆心 (A0、B0),以 5 mm 为半径,在前、后、近、远各取 4 点 (A1、B1; A2、B2; A3、B3; A4、B4),胫骨端取总止点的中点 (C0)。

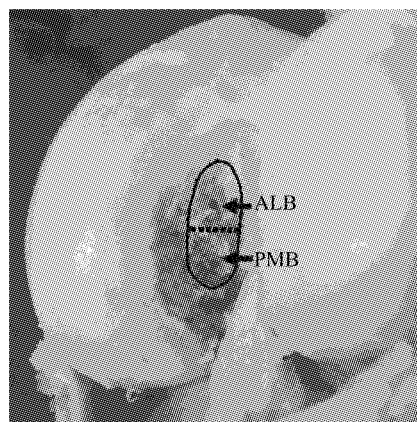


图 1 后交叉韧带股骨端止点  
Fig.1 Femoral attachment of the PCL

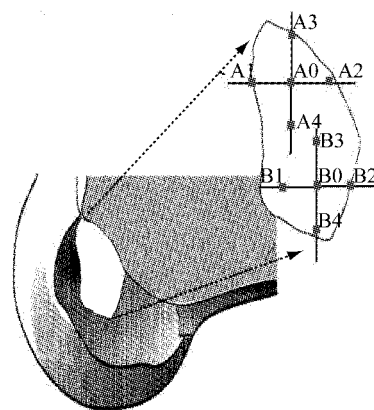


图 2 股骨附着处测试点选择示意图  
Fig.2 the location of every experimental points of the femoral attachment

将下肢标本固定于自制实验支架上,允许远端在 0°~120° 活动,固定架上刻有罗盘,能精确记录膝关节屈曲变化角度。用直径 1.5 mm 克氏针按照顺序在上述股骨端各点钻孔,导入细钢丝,各点的钢丝于伸直位坚强固定。用直径 3.5 mm 钻头在 C0 点钻孔至胫骨结节内侧并引出钢丝。逐层缝合伤口,尽量保留所有软组织。按顺序依次将钢丝连接在百分表 (上海量具刃具厂生产,量程 0~10 mm,精确到 0.01 mm) 上并牢固固定于胫骨上。然后分别记录各个测试点在膝关节屈伸过程中关节内钢丝变化长度 (规定钢丝被拉进关节腔为正;被拉出关节腔为负,每 10° 记录一个数据)。每个点均测量 5 次,取相同角度所得数据的均数为纵坐标,以屈伸角度为

横坐标,绘成曲线图。并比较各测试点最大均数之间的差异,从而分别找出 PCL 双束的相对等长点。

### 3 统计方法

采用 SPSS 10.0 统计软件进行分析,数据以均数  $\pm$  标准差表示。股骨端各个测试点之间采用完全随机资料的方差分析及 LSD 法两两比较,  $P$  值  $< 0.05$  为有统计学意义。

### 4 结果

膝关节在  $0 \sim 120^\circ$  的屈伸变化范围内,取 PCL 双束的股骨止点上不同测试点时,关节内钢丝长度平均变化值见表 1。根据表 1 数据绘制各个测试点在膝关节屈伸过程中长度变化曲线,如图 3、图 4 所示。由图 3 可知,ALB 各点中以 A2 变化最小,为  $(1.36 \pm 0.18)$  mm, A1 变化最大,为  $(5.40 \pm 1.08)$

表 1 各测试点关节内钢丝长度的变化值 (mm,  $\bar{x} \pm s$ )

Tab.1 The length changes of the intra-articular part of the wires among every experimental points (mm,  $\bar{x} \pm s$ )

角度	A0	A1	A2	A3	A4	B0	B1	B2	B3	B4
0	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00
10	0.05 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.03	-0.13 $\pm$ 0.02	-0.16 $\pm$ 0.04	0.16 $\pm$ 0.01	0.05 $\pm$ 0.03	0.30 $\pm$ 0.05	0.22 $\pm$ 0.08	0.10 $\pm$ 0.07	0.19 $\pm$ 0.03
20	0.28 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.02	-0.27 $\pm$ 0.04	-0.25 $\pm$ 0.02	0.47 $\pm$ 0.01	0.11 $\pm$ 0.08	0.40 $\pm$ 0.01	0.38 $\pm$ 0.01	0.39 $\pm$ 0.01	0.42 $\pm$ 0.11
30	0.36 $\pm$ 0.01	0.20 $\pm$ 0.04	-0.42 $\pm$ 0.06	-0.62 $\pm$ 0.07	0.77 $\pm$ 0.08	0.21 $\pm$ 0.11	0.45 $\pm$ 0.15	1.02 $\pm$ 0.08	0.45 $\pm$ 0.09	0.56 $\pm$ 0.10
40	0.45 $\pm$ 0.03	0.37 $\pm$ 0.06	-0.6 $\pm$ 0.04	-0.78 $\pm$ 0.07	1.05 $\pm$ 0.08	0.27 $\pm$ 0.10	0.50 $\pm$ 0.14	1.50 $\pm$ 0.13	0.62 $\pm$ 0.06	0.92 $\pm$ 0.09
50	0.60 $\pm$ 0.04	0.48 $\pm$ 0.07	-0.66 $\pm$ 0.02	-0.57 $\pm$ 0.09	1.22 $\pm$ 0.11	1.41 $\pm$ 0.14	0.80 $\pm$ 0.03	1.97 $\pm$ 0.34	0.96 $\pm$ 0.05	1.51 $\pm$ 0.34
60	0.75 $\pm$ 0.02	1.76 $\pm$ 0.03	-0.25 $\pm$ 0.04	0.39 $\pm$ 0.06	1.57 $\pm$ 0.17	1.45 $\pm$ 0.65	0.95 $\pm$ 0.12	2.22 $\pm$ 0.24	1.13 $\pm$ 0.34	1.88 $\pm$ 0.24
70	1.02 $\pm$ 0.06	1.84 $\pm$ 0.08	0.35 $\pm$ 0.02	0.52 $\pm$ 0.04	1.90 $\pm$ 0.06	1.78 $\pm$ 0.09	1.40 $\pm$ 0.11	2.52 $\pm$ 0.34	1.22 $\pm$ 0.26	2.10 $\pm$ 0.45
80	1.16 $\pm$ 0.08	2.02 $\pm$ 0.35	0.84 $\pm$ 0.16	0.64 $\pm$ 0.09	2.05 $\pm$ 0.11	2.16 $\pm$ 0.22	1.91 $\pm$ 0.18	2.70 $\pm$ 0.34	1.39 $\pm$ 0.17	2.78 $\pm$ 0.47
90	1.67 $\pm$ 0.12	3.15 $\pm$ 0.34	1.05 $\pm$ 0.56	0.87 $\pm$ 0.22	2.31 $\pm$ 0.36	2.52 $\pm$ 0.27	2.65 $\pm$ 0.33	2.76 $\pm$ 0.27	1.59 $\pm$ 0.18	3.07 $\pm$ 0.68
100	1.76 $\pm$ 0.27	4.70 $\pm$ 0.34	1.14 $\pm$ 0.26	1.13 $\pm$ 0.26	2.45 $\pm$ 0.28	2.76 $\pm$ 0.58	3.05 $\pm$ 0.99	2.92 $\pm$ 1.01	1.74 $\pm$ 0.77	3.55 $\pm$ 0.19
110	2.05 $\pm$ 0.88	5.31 $\pm$ 1.08	1.35 $\pm$ 0.03	1.39 $\pm$ 0.07	2.58 $\pm$ 0.34	3.17 $\pm$ 0.34	4.00 $\pm$ 0.78	3.01 $\pm$ 0.78	1.83 $\pm$ 0.79	4.05 $\pm$ 1.56
120	2.54 $\pm$ 0.68	5.40 $\pm$ 1.08	1.36 $\pm$ 0.18	1.84 $\pm$ 0.09	3.68 $\pm$ 0.67	3.36 $\pm$ 0.80	5.25 $\pm$ 2.00	3.49 $\pm$ 1.07	1.96 $\pm$ 0.06	4.34 $\pm$ 1.22

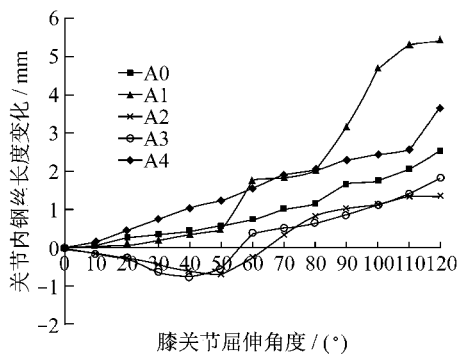


图 3 ALB 各个测试点在膝关节屈伸过程中关节内钢丝长度变化

Fig.3 The angle changes of the intra-articular part of the wires among every experimental points of ALB

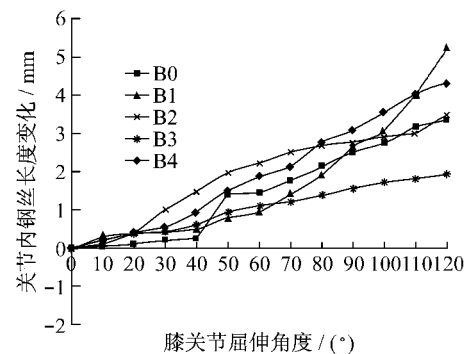


图 4 PMB 各个测试点在膝关节屈伸过程中关节内钢丝长度变化

Fig.4 The angle changes of the intra-articular part of the wires among every experimental points of PMB

mm,其中 A2 和 A3 点随着膝关节屈曲先被拉出膝关节,为负值,屈曲到 60°后转为正值,后逐渐上升,总的变化范围均在 2 mm 以内;由图 4 可知,PMB 各点中以 B3 点变化最小,为(1.96 ± 0.06) mm,B1 变化最大,为(5.25 ± 2.00) mm,其中只有 B3 变化范围在 2 mm 以内,余均超过 2 mm。经统计学分析显示,ALB 和 PMB 相同测试点在不同角度所得钢丝长度变化平均值间有显著性差异( $P < 0.05$ );且同一角度不同测试点所得数据间亦有显著性差异( $P < 0.05$ )。其中对 A2 和 A3 进行两两比较,发现差异无显著性差异( $P > 0.05$ )。

## 5 讨论

所谓等长重建是指替代物两端的固定点间的距离,在术后膝关节活动中保持恒定。学者们通过对正常成人的新鲜膝关节标本研究发现,绝对等长点实际上并不存在,但都发现了使替代物长度变化最小的点,即近似等长点。研究表明,交叉韧带在断裂前可被拉长约 2 ~ 3 mm。因此,替代物长度在术后 2 mm 以内的变化仍被视为等长,这一标准也为大家广泛接受并采纳<sup>[6-8]</sup>。由于 PCL 胫骨止点对等长的影响很小,可忽略不计<sup>[6,8]</sup>,影响等长的决定因素是股骨止点上各点。因此,本试验中我们把研究的重点放在了 PCL 双束的股骨端止点上,选取了 10 个测试点,而胫骨端只选了 1 个点。测量结果表明,ALB 的后点(A2)、近点(A3)和 PMB 的近点(B3)这三点虽不是绝对等长点,但其变化范围均在 2 mm 以内,故这些点仍极具临床意义。理论上 ALB 的后点(A2)和近点(A3)都可以作为等长定位点,但由于 PMB 上只有近点(B3)这一个点符合等长点的要求,考虑到两隧道的距离不能过近,否则容易造成隧道壁骨折或塌陷<sup>[9]</sup>,所以临床上在行后交叉韧带双束重建时,前外侧束应以其股骨止点上缘的中点(即近测试点 A3)为中心钻孔;后内侧束以其股骨止点上缘(即近测试点 B3)为中心钻孔建立股骨骨隧道,其中术中根据需要,可将 ALB 钻孔中心向后缘偏移。

既往学者们对前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)的等长重建进行了大量的研究,已基本达成共识,但对于后交叉韧带等长重建的研究却很少,且彼此之间的结果差异较大,并无统一的观点。

比较具有代表性的有 Markolf<sup>[6]</sup>将 PCL 股骨止点视为一个椭圆,用钢丝将其前、上、中、下各点与胫骨止点中点相连,测量膝关节 0° ~ 120°活动范围内钢丝长度变化的大小,发现最等长的为上测试点,中、远两点也可为临床接受,前测试点最不等长,因此认为 PCL 重建时应以其股骨止点上缘的中点为中心建立骨隧道,尽量避免在止点的前缘定位。Grood<sup>[7]</sup>通过计算机感应系统发现 PCL 股骨止点的上缘各点为等长点,且前后的误差可以接受。Kurosawa<sup>[10]</sup>则将 PCL 分为前、中、后 3 束,并穿钢丝测量其长度变化的大小,发现中束最等长,前、后两束均不等长。而 Covey<sup>[11]</sup>采用与 Kurosawa<sup>[10]</sup>相似的方法将 PCL 分为前、中、后纵、后斜 4 束。发现后纵、后斜两束最等长,但这两束只占整个 PCL 纤维的 5% ~ 15%,将替代物重建在这两束的位置上,势必使大多数 PCL 的纤维得不到重建而不能恢复 PCL 原有的生理功能,因此对等长重建提出质疑。梁杰等<sup>[5]</sup>在 PCL 股骨止点上选前、后、中、近、远五个测试点,发现前测试点变化最大,远点次之,近测试点变化最小;近、中、后三点的钢丝关节内长度的最大值均不超过 2 mm,并认为股骨上各测试点的变化情况,主要决定于它们与股骨的瞬时旋转中心和其形成的曲线的位置关系。

由于不同学者采用的实验方法不同,对膝关节周围软组织保留情况不同,以及对膝关节所加应力状态各异,导致他们之间的结果差异较大。同时也有定位方法不一样,使结果的可比性受到影响。如 Kurosawa<sup>[10]</sup>在实验中除保留髌腱、腓肌、内外侧附韧带以外,切除了膝关节周围所有的软组织。而这些结构被公认对膝关节的稳定起着不可忽视的作用;Grood<sup>[7]</sup>和 Ogata<sup>[12]</sup>在实验中均向胫骨近端施加一个向后的作用力,这个向后的作用力势必加大 PCL 两端附着点的距离。在膝关节复杂的多自由度活动中,各测试点由此而引起的变化,也不会出现简单的相同。其实等长点研究的最终目的是术后膝关节活动时保持移植物等长,从而达到等张。术后外科医生都将设法使胫骨避免受到向后的作用力。因此,实验时加后向应力于胫骨并不必要。本试验中,我们保留了膝关节周围所有的软组织,更加符合生理特性;测试时也避免了对胫骨施加向后的作用力,更加符合临床实际。本研究的结果与 Markolf<sup>[6]</sup>和

梁杰<sup>[5]</sup>等有相似之处,二者都将PCL作为一个整体进行研究,认为近测试点最"等长"。而本研究侧重于对双束周围测试点的选取,对他们的结果又有所补充。但本试验由于受到标本数量、年龄等因素的制约,使结果受到一定的局限性,有待于更多同类研究地深入及临床进一步的验证。

自1985年Odensten和Gillquist提出前交叉韧带等距概念以来,等距特性的变化对重建交叉韧带的疗效的影响以及如何选择最佳重建位置等一直是临床和基础研究的热点<sup>[13]</sup>。对于PCL损伤的治疗,在经历了从开发手术到镜下单束重建,再到镜下双束重建三段跳跃式的发展后,相关的技术和临床经验还远不如ACL重建成熟,许多基础研究,特别是相关等距特性研究有待进一步完善。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Noyes, Frank R. The all-inside technique and the tibial inlay technique using double bundle quadriceps tendon-bone autograft [ J ]. *Techniques in Knee Surgery*, 2003, 2 (4): 214-228.
- [ 2 ] Bottoni CR, Parr RR. Double bundle arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction using a new medial femoral cortical bridge technique [ J ]. *Techniques in Knee Surgery*, 2003, 2(4): 239-249.
- [ 3 ] Dennis MG, Fox JA, Alford JW, *et al.* Posterior cruciate ligament reconstruction: current trends [ J ]. *J Knee Surg*, 2004, 17(3): 133-139.
- [ 4 ] Galloway MT, Grood ES, Mehalik JN, *et al.* Posterior cruciate ligament reconstruction .An in vitro study of femoral and tibial graft placement [ J ]. *Am J Sports Med*, 1996, 24 (4): 437-445.
- [ 5 ] 梁杰, 吴海山. 膝关节后交叉韧带重建中等长点测定 [ J ]. *中国修复重建外科杂志*, 2000, 14(2): 68-71.
- [ 6 ] Markolf KL, Slauterbeck JR, Armstrong KL, *et al.* A biomechanical study of the posterior cruciate ligament with graft [ J ]. *J bone joint surg Am*, 1997, 79(3): 375-380.
- [ 7 ] Grood ES, Hefzy MS, Lindenfield TN. Factors affecting the region of most isometric femoral attachments. Part I: The posterior cruciate ligament [ J ]. *Am J Sports Med*, 1989, 17(2): 197-207.
- [ 8 ] Covey DC, Sapega AA, Sherman GM. Testing for isometry during reconstruction of the posterior cruciate ligament [ J ]. *Am J Sports Med*, 1996, 24(6): 740-746.
- [ 9 ] Ma CB, Warren RF, MacGillivray JD, *et al.* Double bundle posterior cruciate ligament reconstruction [ J ]. *Techniques in Knee Surgery*, 2003, 2(4): 229-238.
- [ 10 ] Kurosawa H, Yamakoshi K, Yasuda K, *et al.* Simultaneous measurement of changes in length of the cruciate ligaments during knee motion [ J ]. *Clin Orthop Relat Res*, 1991, (265): 233-240.
- [ 11 ] Covey DC, Sapega AA, Sherman GM. Testing for isometry during reconstruction of the posterior cruciate ligament [ J ]. *Am J Sports Med*, 1996, 24(6): 740-746.
- [ 12 ] Ogata K. Posterior Cruciate ligament reconstruction: a comparative study of two different methods [ J ]. *Bull Hosp JtDis Orthop Inst*, 1991, 51(2): 186-198.
- [ 13 ] 郜玉忠, 白希壮, 王惠声等. 后交叉韧带等长点的研究现状 [ J ]. *中国现代医生*, 2007, 45(1): 66-67.