

文章编号:1004-7220(2009)02-0130-04

## 腕关节软骨盘的生物力学和组织学实验研究

周继和, 沙川华, 刘祥, 杨安, 李雪  
(成都体育学院 运动医学系, 成都 610041)

**摘要:** 目的 对人体腕关节软骨盘进行生物力学和组织学实验研究,为该结构的劳损与运动性损伤及其防治提供相关依据。**方法** 对正常成年人腕关节软骨盘做组织学实验并对腕关节软骨盘试件进行压缩-扭转实验后进行组织学观察。**结果** 正常腕关节软骨盘属于纤维软骨;腕关节软骨盘各部位的纤维排列有一定差异,具有结构的功能性适应;软骨盘中血管丰富,未见神经分布;持续的压力、扭转力造成软骨盘组织细胞变形、软骨陷窝几乎消失;软骨盘内血管受损。**结论** 正常人的腕关节软骨盘组织学结构已有功能性适应,并有丰富血管供给营养。但过度的负荷,也会使组织结构发生变化,失去营养供应,出现疲劳性损伤。

**关键词:** 腕关节软骨盘; 疲劳性损伤; 组织结构; 生物力学

中图分类号: R318.01 文献标志码: A

## Study of biomechanics and experimental histology of the wrist joint cartilage disc

ZHOU Ji-he, SHA Chuan-hua, LIU Xiang, YANG An, LI Xue.(Chengdu Sport University, Physical Education Department of Sports Medicine, Chengdu 610041, China)

**Abstract: Objective** This rotated-compression experiment of adult pelvis of wrist cartilage was to provide some relevant evidences to the injury and chronic strain of this configuration, and to prevention and cure of it. **Method** Histological experiments of pelvis of wrist cartilage of normal adults. **Result** Regular pelvis of wrist cartilage is fibro cartilage, and the fiber array of all parts in it are different according to various structure functions; also vascular is rich, but no nerve visible. After durative and rotated pressure experiments, tissue cells in pelvis of wrist cartilage were deformed, cartilage lacuna was nearly disappeared, and vascular was injured. **Conclusions** The histological structure of pelvis of wrist cartilage has functionally adaptation, and ample vascular to provide nutrition. However, excessive load can make histology structure changed, which loses supply of nutrition, and is fatigue injured.

**Key words:** Pelvis of wrist cartilage; Fatigue injury; Histological structure; Biomechanics

人类腕关节软骨板既参与腕关节窝尺侧部分的构成,也参与桡尺远侧关节的构成,结构上为纤维软骨,为两个关节中较为薄弱的部位<sup>[1]</sup>。腕关节也是人体活动多、运动幅度较大的六大关节之一,故在日常生活与各种体育运动当中,发生慢性劳损、运动性急性损伤等现象都十分常见,尤其是参加关节窝构

成的软骨盘损伤的发生机会更多,从目前国内外对腕关节软骨盘的研究文献来看,已见涉及有胚胎学<sup>[2]</sup>、形态学<sup>[3]</sup>、年龄变化<sup>[4]</sup>、损伤的诊断、治疗与康复<sup>[5,6]</sup>等诸多方面,但是从生物力学角度进行研究还十分欠缺,尚未见生物力学和组织学实验研究<sup>[7]</sup>。因此,对腕关节软骨盘进行“压缩—扭转”的

收稿日期:2009-02-10; 修回日期:2009-02-25

基金项目:四川省教育厅基金项目(08ZA100)

作者简介:周继和(1956-),教授,研究方向:运动生物力学。

通讯作者:周继和, Tel: (028) 85097053, 13881861827; E-mail: jizezhou123@163.com.h.

生物力学疲劳实验并作组织学研究,一方面可以填补腕关节软骨盘损伤组织学方面研究的空白,另一方面也可以为该结构的劳损与运动性损伤及其防止提供一些相关依据。

## 1 实验材料与研究方法

### 1.1 实验材料

取正常成人男性(25岁)急性外伤截肢腕关节软骨盘新鲜标本2例,软骨盘形状为三角形。分别取掌角、背角、尺角和最薄处,2例总计试件8块。软骨盘整体形状及其试件切块部位见图1。

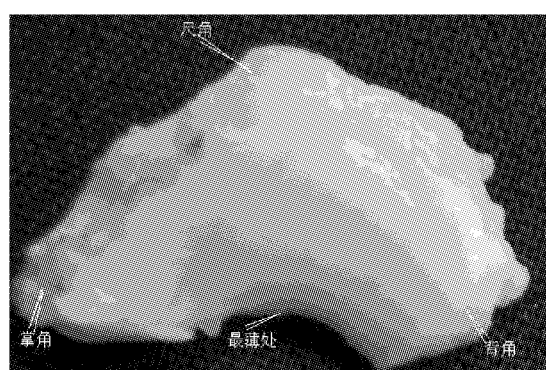


图1 软骨盘整体及各部位试件  
Fig.1 Cartilage disc and the parts of the sample

### 1.2 研究方法

1.2.1 将正常成人软骨盘放入10%包音氏液固定、石蜡包埋、切片(片厚为6 μm)、H E染色、封固、观察及拍照,进行普通光学显微镜观察。

1.2.2 采用Instron 8874生物力学测试系统(Instron Co, USA)对腕关节软骨盘掌角、背角、尺角和最薄处4个试件进行-压缩 扭转实验(见图2),然后再进行组织学观察。

具体方法为,将试件固定于平台上,在常温(23度)常压下,压缩位移1.0~2.0 mm,扭转角±45°,疲劳频率0.3 Hz,疲劳次数100次。测试完成后,对4个试件做常规组织学切片,光镜观察。

## 2 结果与分析

### 2.1 软骨盘一般形态学指标

两例标本的具体指标如下:其标本都为三角形,第1例标本质量为0.52 g,掌侧角、背角、尺角最薄点、桡边、掌边、背边的厚度分别是0.35,0.36,

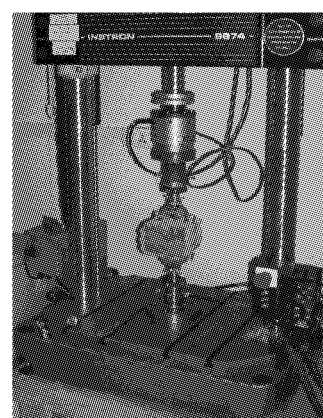


图2 生物力学测试系统  
Fig.2 The system of biomechanical test

0.37,0.16,1.45,1.47,1.50 cm;第2例标本质量为0.41 g,掌侧角、背角、尺角最薄点、桡边、掌边、背边的厚度分别是0.30,0.29,0.31,0.13,1.36,1.38,1.40 cm。

### 2.2 正常软骨盘组织学特征分析

从正常软骨盘的组织切片上看,属于纤维软骨,这个结果与国外的研究结论是吻合的<sup>[2]</sup>。为了解软骨盘各部位的组织结构特点,对软骨板的尺角、背角、掌角和最薄处分别做切片,观察软骨盘中软骨细胞、胶原纤维、血管和神经等,结果显示:

(1) 腕关节软骨盘各部位均为典型的软骨细胞,但软骨盘纤维排列各部位有所不同,主要有几种状态:软骨盘的尺角至桡边(最薄处),纤维走向平顺,类似肌腱,仅在尺角部纤维呈旋涡状态排列(见图3、4);α背角的纤维走向比较弯曲,其间夹杂有一些间断、起始状态的短纤维(见图5);据研究表明,纤维软骨主要由大量I型胶原、水和蛋白多糖及少量细胞和弹性纤维组成,是一种具有粘弹性的多孔隙可渗透性生物二相体<sup>[8]</sup>。从成人腕关节软骨板新鲜标本的组织学结构研究来看,该软骨板属于纤维软骨,在软骨板的尺骨面与腕骨面上,有大量粗大的胶原纤维<sup>[9]</sup>,掌角的纤维排列类似肌腱中胶原纤维的排列状态。

(2) 在掌角、背角、弧顶、软骨膜处均可见有丰富的血管(见图6、7),这不同于一般的纤维软骨基本没有血管的状态<sup>[10]</sup>,表明腕关节软骨盘的血液供应十分丰富,较轻损伤容易修复。

(3) 软骨盘中未见神经分布 轻微损伤不宜察觉。

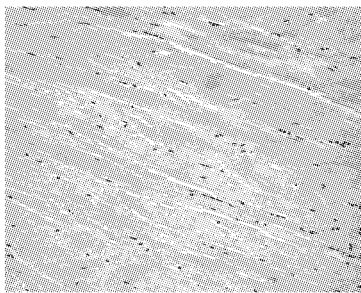


图3 尺角至最薄处纤维走向(正常)  
放大倍数(10×20)尺寸(535×403)

**Fig.3 Fiber direction of ulnar angle to thinnest department (normal)** Amplification (10×20) Size (535×403)

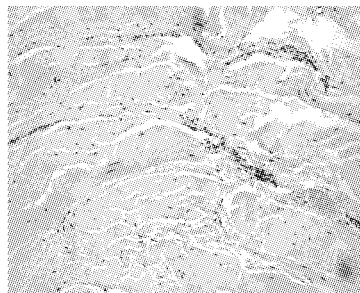


图4 尺角(或弧顶)纤维漩涡状态(正常)  
放大倍数(10×20)尺寸(535×403)

**Fig.4 The ulnar angle (or top of the arc) of fiber vortex state (normal)** Amplification (10×20) Size (535×403)

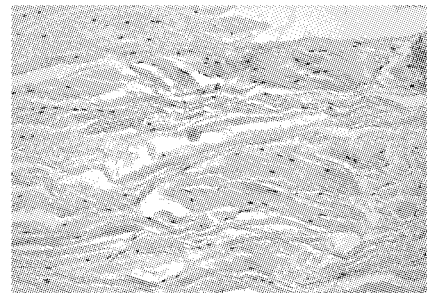


图5 背角纤维呈间断、起始状态(正常)  
放大倍数(10×20)尺寸(535×403)

**Fig.5 Fiber of the dorsal angle is intermittent (normal)** Amplification (10×20) Size (535×403)

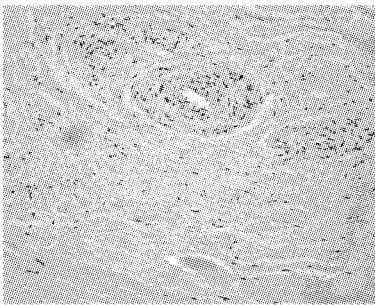


图6 软骨盘内部血管(正常)  
放大倍数(10×20)尺寸(535×403)

**Fig.6 Internal vascular of cartilage disc (normal)** Amplification (10×20) Size (535×403)

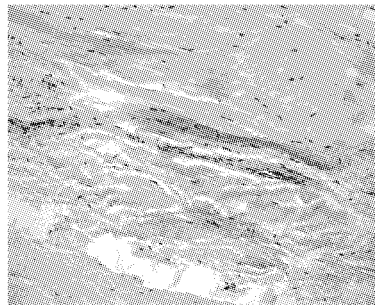


图7 背角软骨盘内部血管(正常)  
放大倍数(10×20)尺寸(535×403)

**Fig.7 Internal vascular of dorsal angle of cartilage disc (normal)** Amplification (10×20) Size (535×403)

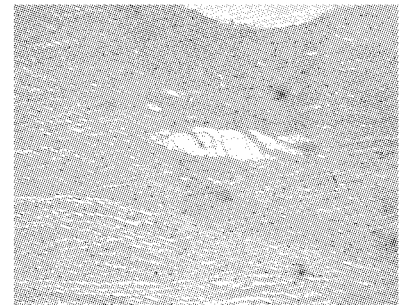


图8 尺角至最薄处纤维走向(生物力学试验后)  
放大倍数(10×20)尺寸(535×403)

**Fig.8 Fiber direction of ulnar angle to thinnest department (after biomechanical test)** Amplification (10×20) Size (535×403)

软骨盘各部位纤维排列有差异,是该结构与周围组织的连接不同、功能侧重不同所致。据研究认为腕关节软骨盘的尺角嵌入“腕关节纤维软骨复合体”中<sup>[11]</sup>,与周围的关节囊、韧带等结缔组织关系尤为密切,长期受到这些结构中纤维经常性相互牵拉,导致漩涡状纤维的形成,此排列方式更有利于应力的分散;软骨盘尺角至桡边(最薄处),纤维走向平顺,类似肌腱,有利于软骨盘所受到的牵拉力从外周传递到内部,说明软骨盘具有传递拉力的作用;背角与掌角比较,其纤维走向比较弯曲,其间夹杂有一些间断、起始状态的短纤维,这种状态与腕关节屈角度大于伸角度、软骨盘背角受到的周围组织牵拉较大有关。腕关节软骨盘各部位纤维排列状况的不同,既有利于传递周围组织的牵拉力,承受压缩性负荷也有利于避免因前臂的旋转而产生的张力和剪切力

对该结构的损伤,还具有类似韧带的连结作用,防止尺桡下端分离。

### 2.3 疲劳实验软骨盘分析

从软骨盘经过压缩-扭转试验以后的组织切片看,软骨盘发生了明显的改变(见图8、9),主要改变:

(1) 软骨盘内细胞变形、软骨陷窝几乎消失,软骨细胞的形态从比较圆扁的软骨细胞,变为比较长,类似肌腱内的腱细胞。

(2) 软骨盘内纤维排列发生严重紊乱,纤维间隙明显增大,并有纤维发生断裂的现象。

(3) 软骨盘内未见血管,仅在软骨膜中可见血管。表明软骨盘在受到持续挤压以后,血供受到一定的破坏,软骨盘的营养供应受到影响,对该结构损伤后的修复明显不利。

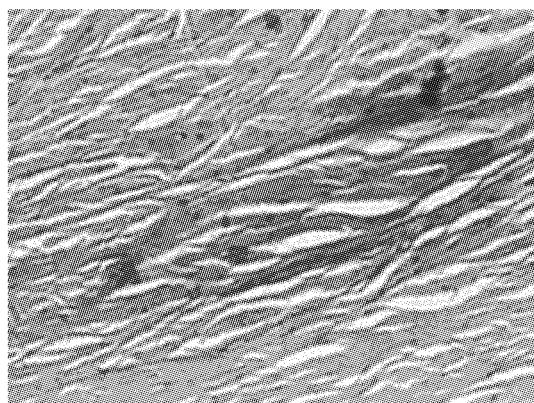


图9 尺角(或弧顶)纤维漩涡状态(生物力学试验后)  
放大倍数(10×20) 尺寸(535×403)

Fig.9 The ulnar angle(or top of the arc) of fiber vortex state after biomechanical test Amplification (10×20) Size (535×403)

腕关节软骨盘承受较大幅度及持续时间的疲劳试验后可见到腕关节软骨盘中细胞、纤维和血管分布等方面均已发生明显的变化,实验结果提示我们:由于软骨盘是腕关节窝的组成部分,在腕关节活动时,难免会受到挤压、扭转等外力的作用,如果外力超过生物力学负荷,该结构发生慢性疲劳性损伤则为必然结果,故应注意在运动中尽量避免持续长时间的过大受力,减少劳损发生的几率。

#### 2.4 正常软骨盘和疲劳性实验软骨盘的比较分析

从正常软骨盘组织学特征可知,腕关节在人类长期生活和劳动中已有功能性适应,如软骨盘最薄处(尺角至桡边)纤维类似肌腱,有传递拉力的作用,而腕关节软骨盘各部位纤维排列状况不同,既有利于承受各种形式负荷,还具有韧带作用。防止尺桡下端分裂。但是从疲劳实验软骨盘组织切片看,软骨盘内纤维排列有严重紊乱,也就是本来已有的一些功能性适应均丧失。

腕关节在日常生活与各种体育运动过程中,不过度使用,一般疲劳恢复较快,这是因为软骨盘在掌角、背角、弧顶和软骨膜处有丰富的血管。即使腕关节轻微受伤,也容易修复。然而,疲劳实验软骨盘的切片内未见血管,显示营养供应受到了影响,当然不利于损伤后的修复。所以,生物力学的实验结果告诉我们,腕关节软骨盘虽然有丰富的血管,但负荷超过生物力学极限,也会产生疲劳性损伤,甚至损伤会不可逆转。

Chidgey 等<sup>[12]</sup>在研究中观察到软骨板中央区分布的是短而不规则的粗大胶原纤维束,长约3~10 mm呈带状排列。冠状切片上可见纤维呈波浪形,儿童更明,显浅、深层纤维之间界线较明显,软骨板周边区纤维的排列与韧带的纤维排列类似,即多呈平行或纵行排列,尺侧部集中形成两束。这种情况使软骨板中央部具有较大的缓冲作用,而周边部则具有类似韧带的连结作用,防止桡尺下端分离。本文的研究也说明腕关节软骨板中的纤维排列与功能有密切联系,光镜下软骨板中央区呈波浪形或卷曲状,并形成板状。各板层之间纤维走向不同,有的相互成斜角,有的相互呈直角。这种排列类似于肌腱使其具有同样的抗拉伸等性能。在软骨板中间还夹有纵行纤维,其间有斜行纤维连结,形成了一种网络纤维系统。这种结构既有利于承受压缩性负荷,也有利于承受因前臂的旋转而产生的张力和剪切力。在软骨板的桡侧缘还可见到1~2 mm粗的纤维,增强了软骨板与桡骨的连结,并与桡骨下关节面共同形成腕关节窝。

### 3 结论

通过以上测试结果的分析得到如下结论:

(1) 成人正常 腕关节软骨盘属于纤维软骨,腕关节软骨盘各部位的纤维排列有一定差异,具有功能性结构适应;软骨盘中血管丰富,较轻损伤容易修复;但是软骨盘中未见神经分布。

(2) 持续的压力、扭转力对软骨盘组织结构有明显的影 响,造成细胞变形、软骨陷窝几乎消失;纤维排列紊乱且间隙加大,并有纤维发生断裂的现象;软骨盘内血管受损,供血不良。

(3) 腕关节软骨盘的组织学结构已有功能性适应,并有丰富血管供给营养。但过度的负荷,也会使组织结构发生变化,失去营养供应,出现疲劳性损伤。

#### 参考文献:

- [1] 严振国主编.正常人体解剖学[M].上海:上海科学技术出版社,1995:40.
- [2] 沙川华人腕关节软骨板胚胎学的初步研究[J].成都体育学院学报,2000,26(5):89-91.

(下转第64页)