

· 专栏论著 ·

# 人体颞下颌关节盘内部胶原构筑与力学性能关系研究

康 宏 易新竹 李晓箐 徐小川

**摘要** 用扫描电镜观察正常人体颞下颌关节盘加载后阶跃应变为 6% 时应力松弛和以 0.05 mm/s 加载拉伸破坏后的关节盘表面特征。结果表明, 关节盘前带横向纤维多而粗大, 中带纤维以前后向走行为主, 呈板层状交织, 表面呈编织样, 后带纤维呈三维网状, 更多见前后向纤维; 应力松弛以波浪状外形改变为主, 拉伸屈服时肉眼观无明显改变而超微结构已显著破坏。提示关节盘生理应变应在 5% 以下。

**关键词** 颞下颌关节 扫描电镜 应力

关节盘在人体颞下颌关节(TMJ)功能运动中, 借前、后附着和内外侧附着形成颞盘关节和盘突关节, 融转动和滑动一起, 共同完成复杂的运动。同时, 关节盘自身具有的缓冲压力、吸收震荡、储存滑液等功能, 也是作为负重关节的 TMJ 所必须。研究认为<sup>1</sup>, 胶原和弹性蛋白在组织中的比例和排列对应力应变关系有明显影响, 组织自身结构的内部构筑决定其生物力学特性。本研究通过对正常关节盘及力学实验后组织样品的扫描电镜观察, 探讨关节盘内部构筑与其力学性能之间的关系。

## 1 材料和方法

### 1.1 标本收集与试件制备

从 4 具新鲜尸体(年龄 4~15 岁, 男女各 2 例)上完整切取 5 侧关节盘, 肉眼及体视显微镜观察盘表面光滑, 无穿孔或增生物。用林格氏液洗去表面滑液, 在恒冷切片箱内(-20℃), 用特制等距离切片刀横向(冠状方向)分别切取盘前、中、后带标本, 分层切取 200 μm 厚的试件, 每带各选出 6 个试件, 正常组、应力松弛实验组和拉伸破坏实验组每带各 2 个试件。

### 1.2 实验方法

正常组试件立即置 3% 戊二醛中固定, 实验组试件立即在软组织单向拉伸及应力松弛试验机(Revere Co U SA UM PI-005-A)上完成预调, 6% 应力松弛及 0.05 mm/s 速度下的拉伸破坏试验<sup>2</sup>, 力学试件置 3% 戊二醛中, 与正常组一起 4℃ 固定 48 h, 30%~100% 乙醇逐级脱水, 乙酸异戊酯替换无水乙醇 30 min, 常规 CO<sub>2</sub> 临界点干燥, 表面喷金, KYKY-AMRAY 1000B 型扫描电镜下观察。

## 2 结 果

### 2.1 正常关节盘内部纤维构筑特点

横向水平面观, 各带表面都呈一定的波纹样结构。前带胶原纤维粗大, 直径 5~8 μm, 胶原原纤维排列紧密, 纤维呈束状排列, 可见大量内外侧向排列的纤维, 夹杂有前后向纤维(图 1)。中带为内外走行的胶原和前后走行的胶原相间排列或交织成编篮样, 束的直径在 4~5 μm 左右, 以前后走行的纤维居多(图 2, 3)。后带胶原纤维表现为三维网状结构, 纤维直径在 2~4 μm, 更多见前后向排列的纤维(图 4)。

### 2.2 关节盘各带应力松弛及拉伸屈服时的结构特征

力学试件在 6% 应变下持续 100 s, 横向水平面观(代表受力方向), 前带内外向胶原束被拉伸, 表面波纹消失, 但未见胶原原纤维的撕裂剪切改变(图 5)。中带胶原束形状表现多样, 部分纤维束尚未被拉直, 有些纤维被完全拉直, 局部有少量胶原纤维的撕裂(图 6)。后带内外向的胶原被拉直, 前后向胶原束牵拉变形, 局部有胶原原纤维的撕裂(图 7)。盘各带在拉伸屈服时的超微结构改变以胶原原纤维的撕裂、剪切破坏为主(图 8), 但肉眼观并无明显的外观改变。

国家自然科学基金资助项目(编号: 39270725)

作者单位: 610041 华西医科大学口腔医学院

### 3 讨 论

对关节盘胶原纤维的内部构建尚存争议,近来的研究<sup>3</sup>多认为盘各带既含有前后向纤维,也有横向和垂直向纤维存在。滕胜毅等<sup>4</sup>对家犬关节盘超微结构研究认为,盘内部存在环形胶原环结构,对分散应力,缓冲震荡和保持关节稳定有重要作用。本研究发现,盘前带胶原纤维粗大,内外向走行纤维较多,胶原原纤维排列致密,有较强的抗拉伸能力。中带前后向和内外向走行的纤维呈板层状相间或交织,以前后向走行为主,反映出其既能承受一定压力又能抗拉伸的力学特性。后带胶原排列呈三维网状更有利于抗压,但抗拉伸能力较弱。这种胶原纤维的排列取向和纤维直径大小决定组织的力学性质,是发挥生物力学功能的结构基础。

本研究观察了6%应变下关节盘应力松弛的超微结构改变,前带内外向(与载荷方向一致)胶原纤维被拉直,胶原纤维表面形成的波纹消失,未发现有胶原原纤维的撕裂破坏,而中带和后带因含有大量前后向纤维,已有局部胶原原纤维的拉伸、剪切破坏,表面波纹消失(图6,7),从超微结构水平证实关节盘内部可承受的生理应变范围应在5%以内。这和关节盘应力应变曲线的坡脚区范围相一致<sup>5</sup>。关节盘拉伸屈服时的电镜观察表明,尽管

盘大体形态看似完整,但因盘所承受的负荷已超过其生理范围,超微结构已发生了显著改变,胶原原纤维排列紊乱疏松,甚至断裂破坏,较小的应力即可造成盘结构完全撕裂(图8),盘抗压抗拉抗剪切的能力显著下降,颞盘关节和盘突关节将处于不稳定状态。这些表现是否能够反映颞颌关节病器质性病变时的关节盘结构破坏形式有待进一步研究。

(本文图见中心插页9)

### 4 参考文献

- 1 李晋唐主编 骨及软组织流变学概论 成都:成都科技大学出版社,1989:38
- 2 Teng S-Y, Xu Y-H, Chen M-S, et al Biomechanical properties and collagen fiber orientation of the TMJ discs in dogs Part 2 Tensile mechanical properties of the disc J Cranio and ib Disord Facial Oral Pain, 1991, 5: 107
- 3 Mills DK, Fiandaca DJ, Scapino RP. Morphologic, microscopic, and immunohistochemical investigations into the function of the primate TMJ disc J Orofac Pain, 1994, 8: 136
- 4 滕胜毅,徐樱华,蔡维东 颞下颌关节盘环形胶原环的扫描电镜研究 华西口腔医学杂志,1993,11:94
- 5 康宏 人体颞下颌关节软组织生物力学研究 华西医科大学研究生学位论文,1997:6

(1997-10-15 收稿)

## A Study on the Relationship Between the Internal Architecture and Its Mechanical Property in Human TMJ Disc

Kang Hong, Yi Xinzhu, Li Xiaoping, et al

*College of Stomatology, West China University of Medical Sciences*

### Abstract

The surface characteristics of the human temporomandibular joint (TMJ) disc specimens in normal 6% stress relaxation and 0.05 mm/s tensile yield strain conditions were observed with the scanning electronic microscopy. The results showed that the anterior band of disc consisted of wavy coarse collagen fibers predominant in medio-lateral direction, the intermediate zone of basket-like pattern with the major collagen fibers in an anteroposterior arrangement, and the posterior band with three dimensional network whose fibers were dominant in anteroposterior direction. The change of wave-like pattern was the characteristics of stress relaxation in the disc, and even though the tissue seemed intact and undamaged under gross observation, the internal structure of those disc tissues under yielding strain had been damaged heavily. The results suggest that the physiological strain of TMJ disc should be under 5%.

**Key words:** temporomandibular joint    scanning electronic microscopy    stress