

- 22 卢世璧. 我国人工关节的发展. 中国矫形外科杂志, 1999, 6(4): 305-306.
- 23 Bobyn JD, Pilliar RM, Cameron HU, et al. The effect of porous surface configuration on the tensile strength of fixation of implants by bone ingrowth. Clin Orthop Relat Res, 1980, 149: 291-298.
- 24 Won YY, Dorri LD, Wan Z. Comparison of proximal porous-coated and grit-blasted surfaces of hydroxyapatite-coated stems. J Bone Joint Surg (Am), 2004, 86(1): 124-128.
- 25 Overgaard S, Lind M, Gleup H, et al. Porous-coated versus grit-blasted surface texture of hydroxyapatite-coated implants during controlled micromotion: mechanical and histomorphometric results. J Arthroplasty, 1998, 13(4): 449-458.
- 26 Takemoto M, Fujibayashi S, Neo M, et al. Bone bonding ability of a hydroxyapatite-coated zirconium alumina nanocomposite with a microporous surface. J Biomed Mater Res A, 2006, 78(4): 693-701.
- 27 Onsten I, Nordqvist A, Carlsson AS, et al. Hydroxyapatite augmentation of the porous coating improves fixation of tibial components. A randomised RSA study in 116 patients. J Bone Joint Surg (Br), 1998, 80(3): 417-425.
- 28 牟明威, 张新, 徐莘香, 等. 假体四种表面处理的体内植入实验. 中华骨科杂志, 2004, 24(3): 179-183.
- 29 Lee TM, Yang CY, Chan E, et al. Comparison of plasma-sprayed hydroxyapatite coatings and zirconium-reinforced hydroxyapatite composite coatings in vivo study. J Biomed Mater Res A, 2004, 71(4): 652-660.
- 30 Wei M, Ruys AJ, Swain MV, et al. Hydroxyapatite-coated metals: interfacial reactions during sintering. J Mater Sci Mater Med, 2005, 16(2): 101-106.
- 31 Lee SH, Kim HW, Lee EJ, et al. Hydroxyapatite-TiO<sub>2</sub> hybrid coating on Ti implants. J Biomater Appl, 2006, 20(3): 195-208.
- 32 Borgia, Boanini E, Bracci B, et al. Nanocrystalline hydroxyapatite coatings on titanium: a new fast biometric method. Biomaterials, 2005, 26(19): 4085-4089.

(收稿日期: 2007-01-20 本文编辑: 李为农)

## 人工寰齿关节研究进展

胡勇<sup>1</sup>, 谢辉<sup>1</sup>, 杨述华<sup>2</sup>

(1. 宁波市第六医院脊柱外科, 浙江 宁波 315040; 2. 华中科技大学同济医学院附属协和医院骨科)

**【摘要】** 探讨如何既可达到牢固的固定, 同时又可最大限度地保留脊柱的运动功能, 这将是未来脊柱内固定生物力学发展的趋势。人工寰齿关节的研制是既能重建寰枢关节稳定性, 又能保留寰枢关节旋转功能的可行性技术。作者从人工寰齿关节的理念、人工寰齿关节解剖、生物力学、人工寰齿关节置入的可行性分析等方面综述了近年来的一些研究进展。

**【关键词】** 寰齿关节; 生物力学; 寰枢关节; 人工关节

**Advancement of study of artificial atlanto-odontoid joint** HU Yong\*, XIE Hui, YANG Shu-hua\* Department of Orthopaedics Ningbo NO. 6 Hospital, Ningbo 315040 Zhejiang China

**ABSTRACT** Investigation was done on the way which was not only attain fast fixation, but also retain maximum spinal function of action. It is a trend for biomechanics development of spinal internal fixation device in the future. The designation of artificial atlanto-odontoid joint can not only rebuild the stability of atlanto-axial joint, but also reserve the rotation function between atlas and axis. This paper has reviewed some recently advance focusing on the biomechanics and anatomical study of artificial atlanto-odontoid joint, design requirement and principle of artificial atlanto-odontoid joint, implant feasible analysis of artificial atlanto-odontoid joint and so on.

**Key words** Atlanto-odontoid joint; Biomechanics; Atlanto-axial joint; Joint prosthesis

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2007, 20(5): 358-360 www.zggssz.com

寰枢椎脱位与不稳是骨科较常见的疾病之一, 主要原因为齿状突骨折或畸形、横韧带断裂或松弛导致的寰齿关节功能不全。目前常用的手术方法有减压术和融合术, 单纯的减压术不能纠正或加重寰枢关节不稳<sup>[1]</sup>, 而融合术虽然能稳定寰枢关节, 但又丧失了寰枢关节的运动功能, 导致术后患者头颈活动特别是旋转明显受限<sup>[2-3]</sup>, 逐渐导致未融合的颈椎失稳<sup>[4]</sup>。针对这一缺陷, 许多学者已经进行了人工寰齿关节临床的前期研究<sup>[5-7]</sup>, 来重建患者的寰齿关节, 以达到既稳定又保留寰枢关节运动功能的双重目的。虽然人工寰齿关节很多的疑虑还没有消除, 设计材料、工艺, 以及产品的特性上仍然

和真正的寰齿关节有很大的距离, 但是一个可动的、人造的寰齿关节能够在临床上实用化, 这本身就是一件非常了不起的事情, 它所具有的意义已经超越了本身, 是一个划时代的信号。

### 1 人工寰齿关节研究的理念

融合手术是脊柱外科最基本的手术方法, 也是最有效的术方法之一。脊柱的最初手术是为了解除神经压迫。但是为此切除了较多的椎骨又会造成脊柱的不稳定, 另外当脊柱出现损伤, 也是一种不稳定的现象, 植骨融合的方法也就自然诞生了。但是融合本身是希望解除不稳定, 并不是想将来

生理上可以活动的部分固定起来,只是融合的结果在消除不稳定的同时生理可动的部分必然消失。人工寰齿关节的出现,既可以稳定寰枢关节又可保留寰枢关节运动功能。

## 2 人工寰齿关节的解剖生物力学研究

寰枢关节由两侧的寰枢外侧关节和正中的寰齿关节所组成,寰枢外侧关节近似平面关节,寰齿关节为车轴关节。结构特点允许寰枢关节有较大范围的轴位旋转(约 $45^\circ$ ,占整个颈部的 $1/2$ ), $10^\circ$ 左右的屈伸和少量的侧屈。寰椎前弓后面与枢椎齿状突颈部前方构成寰齿前关节,寰椎横韧带与齿状突后面形成寰齿后关节。寰椎横韧带是寰枢椎稳定的主要韧带,也是枕颈部较大、较厚、较强有力的韧带,它可以防止寰椎过度前移。谭明生等<sup>[7]</sup>解剖学测量结果显示寰枢关节是活动较大的绕中轴旋转关节,但实际上在正常旋转头颈运动时寰齿关节沿不同轴向运动,并非沿一个固定的中轴旋转,而是围绕不断变化的旋转中心或多中心旋转。生物力学实验表明<sup>[8,9]</sup>,当横韧带断裂后,寰枢关节的三维运动变化突出表现为前屈运动的范围显著增大,同时还伴有侧屈和轴位旋转运动范围的增大。当齿状突骨折时,表现最明显的正是寰枢关节的旋转不稳,这主要是由于齿状突的枢轴作用丧失<sup>[10]</sup>。曹正霖等<sup>[11]</sup>和刘景发等<sup>[12]</sup>实验结果显示,人工寰齿关节置换术后,各运动范围和中性区接近正常状态。这样寰枢关节活动时不致对脊髓、椎动脉等邻近重要结构造成刺激或损伤。出现上述实验结果的原因可能为:保留了接近正常的齿突尖颅底点间距,使枕颈部前屈运动范围接近正常(正常枕颈部前屈受限于齿突尖与颅底点的接触,后伸受限于枕骨底与寰椎后弓的接触及覆膜的牵拉);重建了寰齿关节的扣锁关系,使各种运动瞬时旋转轴局限于寰齿关节部位,从而使各种运动形式接近正常,残余的韧带和关节囊发挥正常功能;限制了过度的前后和左右滑移,因为正常寰枢关节的各种角度运动需要耦合滑移运动,滑移运动范围的限制从一定程度上也限制了角度运动范围。而前后向剪切、屈伸和旋转刚度明显大于减压术后,剪切和屈伸刚度明显大于正常状态,旋转刚度则明显小于正常状态。各种刚度测试结果的差异说明人工寰齿关节并未能完全模拟正常寰齿关节。导致人工寰齿关节置换术与正常状态之间刚度差异的原因可能为:由于人工寰齿关节置换术是在前路减压术的基础上进行的,丧失了前纵韧带、翼状韧带、齿突尖韧带和横韧带等的牵拉限制;人工寰齿关节用钛板来代替横韧带,相对坚硬的钛板与具有一定弹性的横韧带在材料力学方面存在较大的差异。人工寰齿关节植入后,旋转刚度的降低说明残余的韧带和关节囊等的总体拉力较正常状态小,有潜在旋转不稳的趋势。人工寰齿关节置换术后,内植物及其与骨接触界面的磨损与疲劳是保证人工寰齿关节能否长期存放和正常活动的关键。曹正霖等<sup>[11]</sup>实验还显示:经1500次屈伸和旋转疲劳后,三维运动范围和刚度无明显变化,人工寰齿关节面无磨损划痕,人工齿突和侧块螺钉无松动,说明人工寰齿关节具有一定的抗疲劳性能;但由于疲劳次数远远少于正常人体生理需要量,人工寰齿关节在体内的长期稳定性尚不知晓。人工关节置入人体后,各个方向上的剪切刚度和扭转刚度接近正常人体,才能有利于假体与骨接触面之间应力的正确传递,避免发生应力集中和应力遮挡。人工寰齿关节置换术后前后向剪切刚度

和屈伸刚度明显增高,说明这些方向上人工寰齿关节间的接触应力过大,易造成磨损,通过传递使假体与骨接触面之间应力过大,易造成假体松动和骨或假体的破坏,从而降低了疲劳强度。如何减少应力集中,增加人工寰齿关节置放的长期稳定性,仍需进一步研究。

## 3 人工寰齿关节设计原理及特点

人工寰齿关节要求组织相容性好、低磨损、置放稳定、操作简便、与原关节生理功能一致、不造成副损伤和不适感等。由于寰枢椎区有脊髓、椎动脉等重要结构,手术暴露范围有限,所以人工寰齿关节设计的解剖学要求精确。曹正霖等<sup>[6]</sup>设计的人工寰齿关节由1个人工齿状突和1个人工寰椎前弓组成。人工齿状突分为椎体部和齿突部等连续的2部分;椎体部固定于患者枢椎椎体,为松质骨螺钉粗螺纹设计;齿突部突出枢椎体,表面具有极高光洁度为人工关节面,与人工寰椎前弓的齿突环相扣套。人工寰椎前弓左右对称,由1块前弓板和2枚相同的侧块螺钉组成;前弓板分为两侧的侧块板,连接板和中间的齿突环等连续的3部分;侧块板中央有螺钉孔,可通过侧块螺钉而将前弓板固定于患者寰椎的两侧块;连接板连于侧块板与齿突环之间,可通过折弯、扭转来调整角度关系;齿突环为圆环状,内表面具有极高光洁度为人工关节面,与人工齿状突的齿突部相关节。谭明生等<sup>[7]</sup>设计出带钩状关节面的联体钢板代替寰椎横韧带,其钢板部分固定在寰椎的左侧侧块前方,其钩状关节面部分象寰椎横韧带一样,以半限制性形式安装在齿状突后方的横韧带压迹关节面上,用这种方式重建寰齿后关节的稳定性,既能防止寰椎向前脱位,又能保留寰齿关节的主要活动-旋转功能。半限制型人工寰齿“半关节”能很好地适应这种旋转中心的变化,同时还能保留寰枢椎的伸屈活动,减少钢板以及钢板和骨界面之间的应力,降低假体松动和断裂的发生率。曹正霖等<sup>[11]</sup>在研究人工寰齿关节全关节置换术的生物力学时发现,人工寰齿关节的旋转刚度明显低于正常状态,考虑可能是切除齿状突,丧失了前纵韧带、翼状韧带、齿突尖韧带等的牵拉限制所致。谭明生等<sup>[7]</sup>设计的人工寰齿“半关节”在重建寰枢椎稳定性的同时,未进一步破坏寰枢椎各韧带,理论上不会进一步降低旋转稳定性。

## 4 人工寰齿关节置入的可行性

自1917年以来,经口咽入路作为上颈椎前路术式,为临床提供了一种处理颅颈交界区腹侧直接显露病变的术式,被应用于金属异物摘除、结核病灶清除、寰枢椎先天畸形和陈旧性寰枢椎脱位的减压松解术等。但因术后感染率较高,有文献报道术后伤口感染率为50%,脑脊液漏及颅内感染率为1%~6%<sup>[13]</sup>,使不少医生望而却步。尹庆水等<sup>[13]</sup>自1984年以来采用改良经口咽入路方法进行寰枢椎手术58例,术后伤口感染、脑脊液漏及颅内感染率均为0。王超等<sup>[14]</sup>采用前路经枢椎体寰椎侧块螺钉固定术治疗10例患者亦无感染病例。关于经前路钢板固定,国内外多数学者持慎重态度。但仍有不少经口咽前路寰枢椎钢板固定的临床应用报道,例如:Kandzina等<sup>[15]</sup>和尹庆水等<sup>[16]</sup>应用的寰枢关节锁定钢板(subarticular atlantoaxial locking plate, SAALP)固定融合寰枢椎,取得了满意的临床效果,为临床经口咽前路寰枢椎钢板内固定手术提供了可以借鉴的经验。文献显示<sup>[17-19]</sup>术前口腔

准备充分、消毒彻底、减少术中创伤操作和术后加强口咽护理是经口咽前路寰枢椎钢板固定手术降低感染发生率的基本原则。陈坚等<sup>[5]</sup>模拟手术操作结果表明,经颈动脉鞘内侧入路可提供清晰和宽广的手术野,完全能满足手术操作需要。假体安装过程均只在枢椎椎体和寰椎侧块上进行,不会损伤走行于椎体和侧块两侧的椎动脉。谭明生等<sup>[7]</sup>模拟手术操作结果表明,人工寰齿关节置入术操作简单、创伤小,是一种既能重建寰枢椎稳定性,又保留 C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>旋转功能,具有临床可行性的新技术。其与现有的寰枢椎融合固定技术有着完全不同的理念。

### 5 人工寰齿关节存在的问题及展望

目前人工寰齿关节还是存在着很多不理想的地方。比如,材料上很难模仿天然的寰齿关节的结构和功能。人体寰齿关节组织结构、成分、相应的理化性质,生物力学性能复杂,人工寰齿关节是否能够满足功能要求,仍有待研究。还存在着设计不完善、松动或最终造成融合手术不良结果的可能。虽然可动的人工寰齿关节将使大部分的脊柱融合手术逐渐消失,但是并非意味着脊柱融合手术已经没有意义。因为人工寰齿关节所能替代的部分还很有限,严重的脊柱不稳定还是需要融合手术来进行治疗,融合手术在未来很长时间还有它的生命力和价值。但是毋庸置疑,恢复一个符合生理的、可活动的脊柱,是我们使用手术方法治疗脊柱疾病的梦想。从人工材料到将来完美的仿生,人类的尝试不会停止。可以说人工寰齿关节的出现预示了上颈椎融合手术必然走向终结。

### 参考文献

- 1 Dickman CA, Locantore J, Fessler RG. The influence of transoral odontoid resection on stability of the craniovertebral junction. *J Neurosurg* 1992, 77(4): 525-530.
- 2 Sanchez M. Occipital cervical instability. *Clin Orthop Relat Res* 1992, 283(1): 63-73.
- 3 Currier BL, Yaszemski MJ. The use of C<sub>1</sub> lateral mass fixation in the cervical spine. *Curr Opin Orthop* 2004, 15(3): 184-191.
- 4 Matsunaga S, Sakou T, Sunahara N, et al. Biomechanical analysis of buckling alignment of the cervical spine. Predictive value for subaxial

- subluxation after occipitocervical fusion. *Spine* 1997, 22(7): 765-771.
- 5 陈坚, 刘浩, 杨志明. 人工寰枢关节的研制及应用解剖研究. *中国临床解剖学杂志*, 1999, 17(2): 150-152
- 6 曹正霖, 钟世镇, 刘景发, 等. 人工寰齿关节设计的解剖学研究. *中华创伤杂志*, 2003, 19(1): 28-30
- 7 谭明生, 张光铂, 韦宏宇, 等. 人工寰齿“半关节”的研制及解剖学研究. *中国脊柱脊髓杂志*, 2004, 14(10): 601-604.
- 8 袁文, 贾连顺, 李家顺, 等. 寰椎横韧带断裂对寰枢关节三维运动的影响. *中国临床解剖学杂志*, 1996, 14(1): 61-63
- 9 Grob D, Crisco JJ 3rd, Panjabi MM, et al. Biomechanical evaluation of four different posterior atlantoaxial fixation techniques. *Spine*, 1992, 17(5): 480-490
- 10 曹正霖, 钟世镇, 刘景发, 等. 人工寰齿关节置换术的生物力学研究. *中国矫形外科杂志*, 2003, 11(3-4): 240-242
- 11 曹正霖, 钟世镇, 刘景发, 等. 人工寰齿关节置换术对寰枢关节三维运动的影响. *中国脊柱脊髓杂志*, 2003, 13(2): 92-94.
- 12 刘景发, 吴增晖, 徐国洲, 等. 寰枢椎骨折与脱位的外科治疗. *中华创伤杂志*, 1998, 14(3): 169-171
- 13 尹庆水, 刘景发, 夏虹, 等. 寰枢椎经口咽前路手术预防感染之经验. *中华医院感染学杂志*, 2002, 12(11): 829-830.
- 14 王超, 党耕町, 刘忠军. 前路经枢椎体寰椎侧块螺钉固定术. *中华骨科杂志*, 1999, 19(8): 457-459
- 15 Kandziora F, Pflugmacher R, Ludwig K, et al. Biomechanical comparison of four anterior atlantoaxial plate systems. *J Neurosurg* 2002, 96 (Suppl 3): 313-320.
- 16 尹庆水, 艾福志, 夏虹, 等. 寰枢椎前路复位钢板系统的研制及其生物力学. *中华创伤骨科杂志*, 2004, 6(2): 170-173
- 17 Kandziora F, Kerschbaum F, Starker M, et al. Biomechanical assessment of transoral plate fixation for atlantoaxial instability. *Spine*, 2000, 25(12): 1555-1561
- 18 Kandziora F, Schulze-Stahl N, Khodadadyan-Kobsternann C, et al. Screw placement in transoral atlantoaxial plate systems: an anatomical study. *J Neurosurg* 2001, 95( Suppl 1): 80-87
- 19 Dvorak MF, Sekeremayif, Zhu Q, et al. Anterior occiput to axis screw fixation: part II: a biomechanical comparison with posterior fixation techniques. *Spine* 2003, 28(3): 239-245.

(收稿日期: 2006-03-22 本文编辑: 王宏)