doi:10.11659/jjssx.05E024066

·基础研究·

结合3D打印模型对可复性颞下颌关节盘前移位的分析研究

安柏瑜[1],焦方通[1],张 顺[1],郁万桐[1],顿爱社[2],赵作勤[3] (1.山东第一医科大学口腔医学院2021级口腔医学本科专业,山东 济南 250117;2.山东第一医科大学口腔医学院口腔基础医学教研室,山东 济南 250117;3.山东第一医科大学口腔医学院口腔颌面外科学教研室,山东 济南 250117)

[摘 要] **目的** 通过尸体解剖及3D打印技术,深入了解颞下颌关节紊乱病的解剖学基础,探究及掌握颞下颌关节盘前移位的病理特点。**方法** 通过解剖40例头颈部标本的颞下颌关节,测量颞下颌关节的双侧结构,获取髁突及关节盘数据,利用3ds Max软件进行3D建模,打印出颞下颌关节模型。通过调整该模型的开口度、关节盘位置及髁突的位置模拟出可复性颞下颌关节盘前移位(ADDwR)的病理模型。**结果** 经解剖及测量成功获取左右两侧颞下颌关节盘和髁突的精确数据,左侧颞下颌关节盘前带厚度为(2.02±0.57)mm,中间带厚度为(1.46±0.33)mm,后带厚度为(3.00±0.46)mm,前后径为(9.60±0.72)mm,内外径为(17.73±0.84)mm;右侧颞下颌关节盘前带厚度为(1.84±0.35)mm,中间带厚度为(1.43±0.28)mm,后带厚度为(3.08±0.49)mm,前后径为(9.30±0.88)mm,内外径为(17.38±1.10)mm。左侧颞下颌关节髁突内外径为(18.97±0.41)mm,前后径为(8.56±0.43)mm;右侧颞下颌关节髁突内外径为(18.86±0.75)mm,前后径为(8.40±0.30)mm。通过测量数据打印出标准的颞下颌关节模型。利用模型分别模拟出正常情况下颞下颌关节的生理状态,以及发生ADDwR时的闭口、闭口到张口、张口三种病理状态等。**结论** 颞下颌关节模型可更直观地呈现出可复性颞下颌关节紊乱中解剖结构的变化,有助于对此疾病不同分类的理解和掌握。

[关键词] 可复性颞下颌关节盘前移位;3D打印技术;应用解剖;口腔医学

[中图分类号] R782.6 [文献标志码] A [收稿日期] 2024-05-14

Research of 3D printing model in analysis of anterior disc displacement with reduction

AN Bo-yu[1], JIAO Fang-tong[1], ZHANG Shun[1], YU Wan-tong[1], DUN Ai-she[2], ZHAO Zuo-qin[3] (1.Grade 2021, School of Stomatology, Shandong First Medical University, Jinan Shandong 250117, China; 2. Department of Basic Stomatology, School of Stomatology, Shandong First Medical University, Jinan Shandong 250117, China; 3. Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Stomatology, Shandong First Medical University, Jinan Shandong 250117, China)

Abstract: Objective To deeply understand the anatomical basis of temporomandibular joint disorders, and explore and master the pathological characteristics of anterior displacement of temporomandibular joint disc through cadaveric dissection and 3D printing technology. **Methods** By dissecting the temporomandibular joints of 40 head and neck specimens, the bilateral structures of the temporomandibular joints were measured to obtain condyle and articular disc data. 3D modeling was carried out using 3ds Max software and printed out a model of temporomandibular joint. The pathological model of the anterior disc displacement with reduction (ADDwR) was simulated by adjusting the opening degree, the position of the articular disk, and the position of the condyle of the model. **Results** The precise data of the right and left temporomandibular joint discs and condyle were successfully obtained by dissection and measurement. The thickness of the anterior band of left temporomandibular joint discs was (2.02±0.57) mm, the thickness of the middle band was (1.46±0.33) mm, the thickness of the posterior band was (3.00±0.46) mm, the anterior-posterior diameter was (9.60±0.72) mm, and the internal-external diameter was (17.73±0.84) mm. While the thickness of the anterior band of right temporomandibular joint discs was (1.84±0.35) mm, and the thickness of the middle band was (1.43±0.28) mm, the thickness of posterior band was (3.08±0.49) mm, the anterior-posterior diameter was (9.30±0.88) mm, and the internal-external diameter was (17.38±1.10) mm. The internal-external diameter of the left temporomandibular joint condyle was (18.97±0.41) mm, and the anterior-posterior diameter was (8.56±0.43) mm; the internal-external diameter of the right temporomandibular joint condyle was (18.86±0.75) mm, and the anterior-posterior diameter was (8.40±0.30) mm. The standard temporomandibular joint model was printed out by the measured data. The model was utilized to simulate the physiological state of temporomandibular joint under normal conditions, as well as the three pathological states of closed mouth, closed mouth to open mouth, and open mouth in the case of ADDwR. **Conclusion** The temporomandibular joint model can more intuitively present the changes of anatomical structure in reversible temporomandibular joint disorders, which is helpful for understanding and mastering the different classification of this disease.

Keywords: anterior disc displacement with reduction; 3D printing technology; applied anatomy; stomatology

[基金项目] 山东第一医科大学校级大学生创新创业训练计划项目(s202310439045);2023年泰安市科技创新发展项目(政策引导类)(2023NS245);2023横向科研项目(20230930001)

[通信作者] 赵作勤,E-mail:13616324399@163.com;顿爱社,E-mail:das1977@163.com

颞下颌关节紊乱病是累及颞下颌关节和咀嚼肌的疼痛和功能障碍综合征,是最常见的非牙源性口面疼痛疾病。颞下颌关节紊乱病患者常表现为头痛、肌纤维痛和关节疼痛等发散性的多区域钝痛,同时伴有张口受限、关节弹响、耳鸣和睡眠障碍等非疼痛性症状[1]。其中,可复性颞下颌关节盘前移位(anterior disc displacement with reduction,ADDwR)是颞下颌关节紊乱病的一种亚种,其发病率较高,患者症状较轻时可不用干预,但症状严重时会显著降低患者的生活质量,还可进展为不可复性关节盘前移位,增加骨关节病发生风险[2]。数字化3D打印技术是一种通过选择特定的材料和计算机辅助设计实现自动化的逐层生产三维物体的技术,具有快速、精准、便携和经济等优点[3]。在医学上能实现特定解剖结构的精准生产,已被广泛应用于口腔颌面部重建、修复和正畸等领域[4]。通过3D打印技术可生产不同类型的ADDwR模型,还原关节盘、髁突、咀嚼肌和下颌运动的解剖学形态。

目前临床上对ADDwR的研究主要依赖影像学手段,而基于3D打印模型的形态学分析相对匮乏。因此,本课题组对颞下颌关节进行临床实地解剖研究,获取髁突及关节盘数据,构建颞下颌关节模型,旨在从形态学角度为ADDwR的病因病理研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与器械

40例成人头颈部标本(福尔马林溶液固定)由山东第一医科大学口腔解剖实验室提供,年龄、性别不详。解剖器械包括:手术刀、手术剪、手术镊、血管钳、脚灯、手术无影灯(LED500)、游标卡尺(300 mm)、数码相机(佳能EOS M5)等。

1.2 方法

1.2.1 分离颞下颌关节盘并测量各带厚度 用手术刀沿耳屏缘纵行切开皮肤,逐层分离皮肤、皮下脂肪、浅深筋膜、肌肉等,暴露出颞下颌关节囊,切开关节囊,打开并探查关节上下间隙,松解关节盘前后附着,从侧方向中间轻轻取出关节盘,用游标卡尺测量关节盘各带厚度,测量3次后取平均值。

1.2.2 测量髁突前后径和内外径 切开关节囊外侧韧带、咬肌及颧弓骨膜,暴露髁突并测量前后径及内外径数据,用数码相机保留解剖图片。

1.3 数字化模型建立

通过3ds Max(2024版)软件构建出原始模型,应用多边形建模技术,将原始模型塌陷为可编辑多边形,通过调整可编辑多边形的层级顶点、边、面、边界,构建出三维立体头颅模型。利用实地解剖所得数据对此模型的颞下颌关节结构进行优化处理,构建出具有精确颞下颌关节结构的三维立体模型。将所得数据模型导出为立体光刻法(stereo lithogarphy,STL)文件,将导出的STL文件导入3D打印机(中瑞iSLA-660),利用光固化技术逐层打印,按照5∶3的比例打印出三维立体模型,后期进行去除支持、清洗、后固化、打磨上色,最终得到成品。

1.4 统计学方法

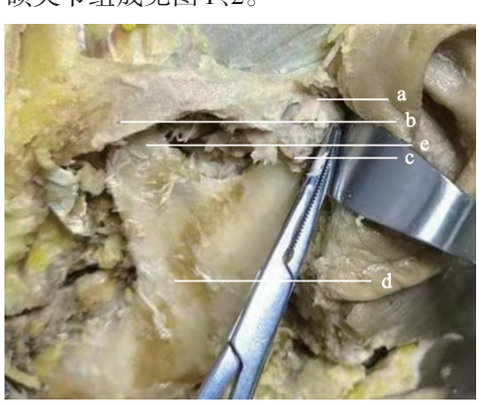
使用SPSS 26.0软件对实验所得数据进行统计学分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用t检验;计数资料以率(%)表示,组间比较采用χ^2检验。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 形态学描述

颞下颌关节由颞骨关节窝和关节结节、下颌骨髁突、位于二者之间的关节盘及其外侧包绕的关节囊和囊内外韧带等部分构成。

下颌骨体部通过两侧下颌支将两侧髁突连为一体,形成左右联动的颞下颌关节。颞下颌关节窝位于颞骨鳞部颧突下面,大致呈三角形,其底在前,为关节结节嵴,内外两边相交于后方三角形关节窝的顶点,即关节后结节。髁突大体形态呈梭形,前后径较短,内外径较长。髁突内外两侧的隆起成为内外两极,髁突顶部的骨性隆起横嵴将髁突关节面分为髁突前斜面和髁突后斜面。关节盘位于颞骨关节面与髁突之间,略呈椭圆形,内外径长于前后径,根据厚度将关节盘分为前带、中间带、后带和双板区。张口、闭口状态下颞下颌关节组成见图1、2。

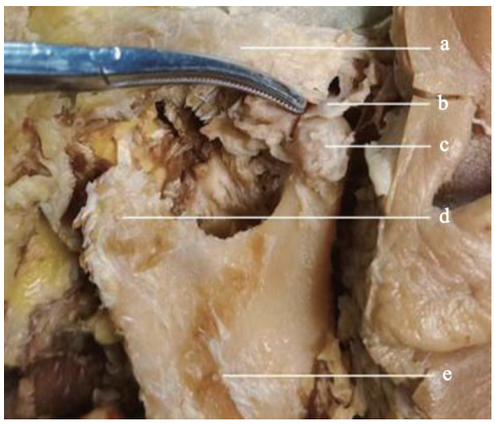


a:颧弓;b:关节盘;c:髁突;d:喙突;e:下颌支

图1 张口状态下颞下颌关节的组成

2.2 关节盘数据

左右两侧颞下颌关节盘前带、中间带、后带厚度比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表1。左右两侧颞下颌关节盘前后径、内外径比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表2。



a:关节盘;b:颧弓;c:髁突;d:下颌支;e:喙突

图2　闭口状态下颞下颌关节的组成

表1　两侧颞下颌关节盘厚度比较($\bar{x}\pm s$,n=40,mm)

侧别	前带	中间带	后带
左侧	2.02±0.57	1.46±0.33	3.00±0.46
右侧	1.84±0.35	1.43±0.28	3.08±0.49
t	1.189	0.317	−0.539
P	0.243	0.753	0.593

表2　两侧颞下颌关节盘前后径和内外径比较($\bar{x}\pm s$,n=40,mm)

侧别	前后径	内外径
左侧	9.60±0.72	17.73±0.84
右侧	9.30±0.88	17.38±1.10
t	0.843	0.794
P	0.480	0.282

2.3　髁突数据

通过观察髁嵴和髁突关节面的前斜面,可将髁突类型分为圆凸型、嵴型、外斜面型、内斜面型、平坦型,左右两侧颞下颌关节髁突类型比较,差异均无统计学意义(P>0.05),见表3。左右两侧颞下颌关节髁突内外径、前后径比较,差异均无统计学意义(P>0.05),见表4。

2.4　颞下颌关节模型的构建

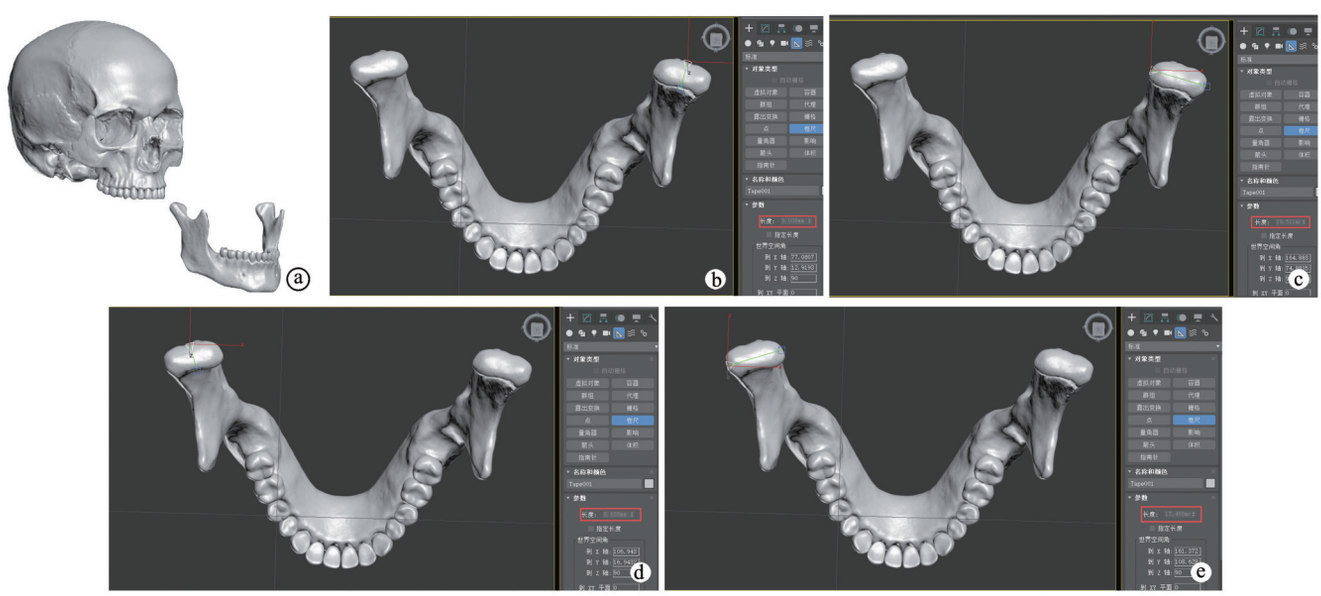
借助3ds Max(2024版)软件建模形成的颞下颌关节3D建模图,见图3a。利用实地解剖所测得数据对原始头颅模型进行精确调整,使建模头颅与正常头颅大小比为3∶5,通过3D打印技术获得头颅模型。双侧髁突前后径及内外径长度设置见图3b~e。分别在模型左右两侧的下颌支与颞骨之间装配弹簧,以弹簧代替升颌肌群,模拟咀嚼肌在下颌运动中的作用,以此来实现开闭口运动。

表3　两侧颞下颌关节髁突类型比较[例(%),n=40]

侧别	嵴型	外斜面型	内斜面型	平坦型	圆凸型
左侧	2(5.00)	23(57.50)	1(2.50)	3(7.50)	11(27.50)
右侧	2(5.00)	22(55.00)	1(2.50)	4(10.00)	11(27.50)
χ^2	0.000	0.051	0.000	0.157	0.000
P	1.000	0.822	1.000	0.692	1.000

表4　两侧颞下颌关节髁突形态比较($\bar{x}\pm s$,n=40,mm)

侧别	内外径	前后径
左侧	18.97±0.41	8.56±0.43
右侧	18.86±0.75	8.40±0.30
t	0.561	1.433
P	0.579	0.161



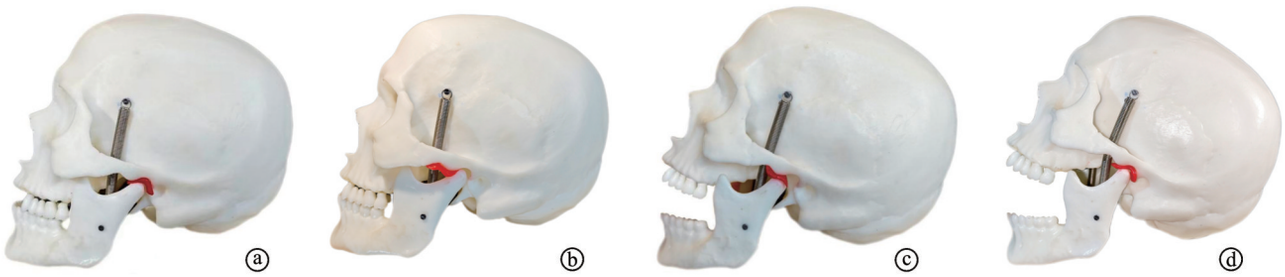
a:颞下颌关节3D建模图;b:左侧髁突前后径;c:左侧髁突内外径;d:右侧髁突前后径;e:右侧髁突内外径

图3　颞下颌关节模型的构建

2.5　利用模型模拟颞下颌关节可复性前移位

正常生理状态下保持下颌姿势位时,关节盘后带后缘与髁突12点方向的垂线所形成的夹角(盘分界线角)在±10°范围内,关节盘居于关节窝内,关节盘的前缘与关节结节和髁状突的前缘基本在同一垂线上,关节结节顶正对关节盘的中间带,关节盘后带后缘位于关节结节后缘的后方(图4a)。当关节盘在下颌姿势位时处于前移位状态,在开口位时能够恢复正常的关

节盘-髁突位置关系,则称之为可复性关节盘前移位(图4b)。正常闭口状态下发生可复性关节盘前移位时,颞下颌关节失去原有的关节盘-髁突位置关系,关节盘移位至髁突前方(前下方),或者向髁突内外侧方移位,干扰下颌运动时髁突滑动,前移位的关节盘通常会伴随不同程度的形变,呈现出半凸或者双凸的形态[5]。可复性关节盘前移位处于小开口状态时,髁突在关节盘下面做单纯转动,盘髁复合体在颞骨关节面下做滑动运动,此时关节盘仍处于前移位状态(图4c)。开口终末期,关节盘由前移位状态向后回弹复位,此时前移位状态的关节盘因复位而发生弹响[6]。在关节盘复位过程中,相对于关节盘,髁突向前运动的速度较快,从而恢复至正常的盘髁位置对应关系。可复性关节盘前移位最大开口位时,盘髁复合体运动至关节结节顶处,关节盘中间带位于髁突横嵴和关节结节之间并与之相对,从而完成一次张口运动(图4d)。



a:正常颞下颌关节;b:可复性关节盘前移位;c:可复性关节盘前移位小开口状态;d:可复性关节盘最大开口位状态

图4 可复性关节盘前移位模型

3 讨论

3.1 3D打印技术和尸体解剖对颞下颌关节模型的意义

空间认知能力是口腔外科医生最重要的能力之一,其中精确识别各个解剖结构、掌握局部解剖结构三维空间投影的能力尤为重要[4]。3D打印技术可以构建高精度组织模型,按照1:1比例展示传统模型难以展示的病理结构,同时将不同组织结构以不同颜色区分,相比于传统病理模型可更直观地展示颞下颌关节紊乱病各结构的病理状态。尸体解剖对于阐明疾病的发病原因、发病机理、临床诊断、治疗及预防都有着极其重要的作用[7]。本研究通过对40例头颈部标本进行精细解剖,观察颞下颌关节的双侧结构,获取颞下颌关节各部分的测量数据,通过3D打印技术制作头颅模型,精确还原髁突、关节窝和关节盘等颞下颌关节结构,模拟在下颌姿势位、小开口状态、最大开口位时关节盘与髁突的运动轨迹和位置关系,为模拟可复性颞下颌关节紊乱病的病理状态提供支撑。研究证实ADDwR在张闭口运动过程中,关节盘由前移位回复至正常位置,再至前移位,反复发生,期间会出现关节弹响、开口绞索偏移等,关节盘也会发生不同程度的形变,进而产生不同程度疼痛不适等[5-6,8]。本研究将3D打印技术和尸体解剖相结合,对ADDwR的发病过程进行形象展示,有助于对此病发病机制的理解。

3.2 颞下颌关节模型的意义

随着颞下颌关节紊乱病发生率升高,该疾病也越来越受到重视。颞下颌关节紊乱病以关节盘可复性前移位最为常见,其早期表现为张闭口弹响、关节区压痛、肌肉疼痛等,若未得到及时有效治疗,可能进展为不可复性关节盘前移位,甚至导致关节区软硬组织的破坏[9]。

有研究表明,当发生关节盘移位时,髁突的主要受力区域由前斜面转移至髁突顶部及后斜面,同时关节上间隙扩大导致关节盘上缘与关节窝接触面积缩小,这种主要负重区域面积的缩小和形态的改变,会引起牙合力分布的显著变化[10]。通过有限元分析颞下颌关节开颌运动轨迹后发现,关节盘前后部都存在应力集中区域,证实了关节盘在缓冲和再分配力方面的重要作用[7,11]。综上所述,关节盘移位者在开颌运动时,关节盘前外侧部是应力集中的主要区域,提示关节盘移位所导致的接触面改变及对周围软组织造成的继发性损伤,是造成颞下颌关节紊乱的重要因素之一。

本研究所建立的颞下颌关节模型完整重建了关节盘、髁突的解剖形态,逼真还原了关节盘、髁突形态结构和盘-髁关系。该模型通过模拟关节盘可复性前移位下颌姿势位、小开口状态、最大开口位时关节盘及髁突的变化,直观地体现出关节盘、髁突在不同状态下的位置关系和运动轨迹变化,进而准确分析颞下颌关节病变部位的受力和形态改变。因此,建立颞下颌关节3D打印模型,有助于了解及掌握可复性颞下颌关节前移位的病理特点,为临床制定相关疾病的治疗方案提供参考。

3.3 不足与展望

本研究也存在一定局限性:本模型数据采集时为人工手动测量,且实验样本较少,测量可能存在误差。采用的3ds Max软件与3D打印机在采集与打印过程