

数字化下颌骨的计算机重建

姚红磊

Computer reconstruction of a digital visible model of the mandible

Yao Hong-lei

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Second People's Hospital of Yunnan Province, Kunming 650021, Yunnan Province, China

Yao Hong-lei, Associate chief physician, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Second People's Hospital of Yunnan Province, Kunming 650021, Yunnan Province, China doctor123sunfa@126.com

Received: 2011-12-13
 Accepted: 2012-01-04

Abstract

BACKGROUND: With the development of the combinations of computer technology and medical science, medical science and engineering, more and more methods are used to reconstruct mandible.

OBJECTIVE: To explore the application and significance of three dimensional (3D) computer technology in the reconstruction of mandibular defects.

METHODS: A computer-based online search of Wanfang, VIP and PubMed databases was performed for articles related to the digital 3D reconstruction of mandible, which were published between January 1999 and October 2011 with the key words of "mandible", "digital", "3D reconstruction" and "computer technology" in Chinese or "CAD/CAM", "mandible" and "3D mandible model" in English in the titles and abstracts.

RESULTS AND CONCLUSION: There are many types of mandibular defects; given the wide individual variation of the mandibular morphology, it is not appropriate to simply use the normal average of mandible instead of the individual mandible to repair. Therefore performing individual design before the mandibular reconstruction is essential. With the wide application of digital technology in the medical field, computer aided design and computer aided manufacturing have effectively solved such problems. An ideal form of the mandible and its anatomical relationship with the maxilla has been designed using the computer; then the physical replication model has been constructed through rapid prototyping technology. It is convenient for the accurate measurement and analysis *in vitro* as well as the operation design. With the help of computers, bone tissue engineering can build a 3D individual bone tissue which is consistent with the shape of the defects, making the accurate repair of mandibular morphology and function possible.

Yao HL. Computer reconstruction of a digital visible model of the mandible. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(9):1684-1687. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 随着计算机技术与医学相结合及医学与工科相结合的发展,越来越多的方法被用于下颌骨的重建。

目的: 分析计算机三维重建技术在下颌骨缺损中的应用及意义。

方法: 应用计算机检索万方数据库、维普数据库和 PubMed 数据库中 1999-01/2011-10 关于下颌骨数字化三维重建的文章,在标题和摘要中以“下颌骨;数字化;三维重建;计算机技术”或“CAD/CAM; mandible; 3D mandible model”为检索词进行检索。

结果与结论: 下颌骨缺损类型众多,不同个体间下颌骨形态差异也较大,简单应用下颌骨正常均值来代替个体下颌骨进行修复是不合适的,因而在进行下颌骨修复重建之前行个体化设计至关重要。随着数字化技术医学领域广泛应用,计算机辅助设计和计算机辅助制造较好的解决了此类问题,在计算机上设计出理想下颌骨形态以及它与上颌骨的解剖关系,通过快速原型技术复制出实体模型,便于体外精确测量分析并进行手术设计,而骨组织工程方法可以在计算机辅助下构建出一个与缺损区形态一致的三维、个体化骨组织,使得下颌骨在形态及功能的精确修复成为可能。

关键词: 下颌骨;数字化;三维重建;计算机技术;数字化医学

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.09.037

姚红磊. 数字化下颌骨的计算机重建[J].中国组织工程研究, 2012, 16(9):1684-1687.

[http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

云南省第二人民医院口腔颌面外科, 云南省昆明市 650021

姚红磊,男,1964年生,云南省昆明市人,1989年昆明医学院毕业,副主任医师,主要从事口腔颌面外科研究。doctor123sunfa@126.com

中图分类号:R318
 文献标识码:B
 文章编号:1673-8225(2012)09-01684-04

收稿日期:2011-12-13
 修回日期:2012-01-04
 (20111213009/GW·LX)

0 引言

颌骨骨折多因交通事故、跌打损伤及运动损伤所致,发生率约占颌面损伤的 35%。下颌骨在颌面部占据面下 1/3 及两侧面中 1/3 的一部分,位置突出,更易遭受损伤。下颌骨有较强大的升颌肌群和降颌肌群附着,骨折时,由于附着在骨块上的肌群牵引力方向不同,常使骨折块发生移位,严重影响患者的生理功能,甚至危及生命^[1]。

下颌骨缺损的修复与重建一直以来是口腔

颌面外科的研究热点之一。进入 21 世纪信息时代,数字化技术广泛应用于医学领域。计算机辅助设计(computer aided design, CAD)和计算机辅助制造(computer aided manufacture, CAM)开始应用于临床,国内外已见报道计算机辅助设计和制造假牙、正颌外科测量、预测,损伤或肿瘤导致的大面积颅骨、上颌骨缺损修复等^[2]。国内学者用 CAD/CAM 技术建立个体化实体模型后,翻制自凝塑料模板,弯制接骨板,手术按模板形状取骨、塑形、就位、固定。至今在医学界已经尝试了很多下颌骨修复方法,积累了丰富的经验,并取得可喜的进步。

其基本目的已从恢复下颌骨的连续性发展到今天的功能性重建,即重塑下颌骨外形并恢复牙槽骨的高度,以利于义齿的修复和咀嚼功能的再建^[3-6]。如何更好地恢复上述缺陷及功能是颌面外科医师所面临的一项重大课题,本文就下颌骨缺损的三维修复重建现状及进展进行探讨。

1 资料和方法

1.1 资料来源 由第一作者在 2011-10 进行检索。检索数据库: PubMed 数据库、万方数据库、维普数据库。英文资料的检索时间范围为 1999-01/2011-10;中文资料的检索时间范围为 1999-01/2011-10。英文检索词为“CAD/CAM; mandible; 3D mandible model”;中文检索词为“下颌骨; 数字化; 三维重建; 计算机技术”。

1.2 入选标准

纳入标准: ①下颌骨的修复重建。②计算机辅助技术在下颌骨修复中的应用。③下颌骨的修复重建的数字化评估。

排除标准: ①与此文目的无关。②较陈旧的文献。③重复同类研究。

1.3 质量评估 基础研究和动物实验研究原著 38 篇,综述 21 篇,述评 2 篇,临床研究 37 篇。

2 结果

2.1 纳入文献基本情况 初检得到 98 篇文献,中文 58 篇,英文 40 篇。阅读标题和摘要进行初筛,排除因研究目的与此文无关 40 篇,内容重复性的研究 33 篇,共保存 25 篇中英文文献做进一步分析。

2.2 CT 与计算机数字化处理的下颌骨重建 随着 CT 机的出现及三维重建技术的应用,许多学者对颌、颌面部组织形态的测量进行了研究探索,期望找到一种能客观反映和精确测量颌、颌面部组织形态的方法,为临床正畸术前诊断提供科学依据。由于下颌骨形态不规则,解剖结构复杂,普通 X 射线平片影像重叠,X 射线平片及单纯轴位观察有一定的局限性,容易发生漏诊误诊,而多层螺旋 CT 扫描速度快、层厚薄、分辨率高,加之强大的后处理功能,对颌面部骨折诊断具有独特的优越性。多层螺旋 CT 后处理技术作为一门新的放射影像技术,国内外已越来越多地在内科、整形外科和口腔颌面外科等方面得到应用。

吴凌莉等^[7]应用有限元方法分析下颌骨角部受瞬间外力作用下应力分布的情况和特点。实验采用 Toshiba 十六排螺旋 CT 机进行 CT 图像的扫描,扫描层厚 1mm,能够显示比较精细的结构,保证了重建后的三维有限元模型具有良好的仿真性,采用 Amira 联合 Unigraphics

NX 造型软件所建立的模型从外形上较好的模拟了实体。张文英等^[8]回顾分析了 34 例下颌骨骨折患者,均行颌面部螺旋 CT 轴位容积扫描后作多平面重建及容积重建,获得最佳组合图像。结果显示螺旋 CT 轴位图像及多平面重建图像清晰地显示了下颌骨骨折的部位、骨折线、颞颌关节腔内骨折碎骨片及颞颌关节脱位情况;容积重建可立体直观地显示骨折移位程度、关节脱位及关节腔内碎骨片。说明了多层螺旋 CT 多平面重建、容积重建对下颌骨骨折诊断有重要价值,影像征象为下颌骨骨折术前制定手术方案和术前、术后对比提供可靠依据^[9]。

螺旋 CT 多平面及三维重建技术能清晰、直观、多方位、多角度地显示下颌骨骨折的形态及脱位情况,在下颌骨骨折与颞颌关节脱位诊断中具有重要价值。螺旋 CT 三维重建测量的优点^[10]: ①三维 CT 测量内容全面,能同时重建器官表面和内部结构的所有信息,对颌面部骨骼的径线、距离、角度、面积、体积或容积的测量更为准确可靠,可以进行双侧对比,手术前后对比分析。②三维 CT 所得图像立体感强,结构完整、形态逼真,且可通过旋转从任意角度观察,从而显示牙齿与颌骨的整体形态。还可以使用切割技术,选择不同的角度着重观察关键的区域。③可在任意平面上对采集到的三维图像容积信息进行多层次重组,显示任意方向多个层面包括冠状面、矢状面、斜面、曲面等断面图像,可以从不同角度观察病变畸形的情况和解剖关系^[11]。④三维 CT 能产生高准确性和精度的影像,且扫描时不易受金属物品的干扰,因此它比其他技术更适合用于一些正畸治疗中戴有保持器的患者。⑤方法可靠。测量结果不受头位改变的影响,对于复杂颌面畸形的观察分析有独特的优势。⑥三维 CT 可发现骨质的各种畸形,特别是双侧不对称畸形。⑦应用方向广泛。

利用 CT 扫描采集下颌骨断层解剖形态信息进行三维重建的效果能满足下颌骨个体化功能性修复研究的需要;CAD 设计可以建立下颌骨个体化功能性修复的三维有限元模型,能为下颌骨缺损的个体化功能性修复提供生物力学依据;通过图形切割和镜像技术,可以模拟下颌骨节段性缺损并进行修复,重新获得完整的下颌骨数据信息模型,在此基础上利用快速原型技术复原下颌骨实体模型,结合医用真空铸钛技术,能成功完成下颌骨个体化三维钛网修复体制作,进一步加工即可构建带种植体的个体化功能性修复体;以此为基础构建的修复体复合成骨材料植入,可望达到下颌骨缺损的个体化功能性再生修复和重建^[12-13]。

2.3 计算机辅助设计与 CAD/CAM 技术进行个体化下颌骨重建 近些年来,随着电子计算机技术的飞速发展以及各种功能齐全的软件开发,有限元分析法被广泛应用于各种复杂力学问题的研究^[14]。该方法的基础是模型的建

立, 如何提高模型的相似性是研究的重点^[15], 模型的相似性与实验结果的准确性息息相关。而目前所采用的常规建模方法, 例如 Photoshop, Autocad 等软件建模, 过程极其复杂, 要在图像处理软件中人工准确对位, 还要进行数据转换。这样不仅耗费大量的时间, 而且会造成部分数据的丢失和失真, 而对位的不准确也会直接影响所建立模型的精确性。

利用三维重建等计算机信息技术和快速原型技术可以较精确地复原个体下颌骨实体模型, 为个性化恢复下颌骨解剖形态提供了基础; 骨组织工程的研究表明, 利用骨组织工程能达到骨缺损的再生峰掺复; 牙种植体支持的义齿修复是理想的恢复咀嚼功能的手段。

三维重建等计算机信息技术和快速原型技术可以较精确地复原个体下颌骨实体模型的实验:

文献来源	目的	方法	结果与结论
刘彦普等 ^[16] 《中国修复重建外科杂志》	利用快速成型与反求技术建立大块下颌骨缺损的外形与功能重建的方法。	利用快速成型与反求技术建立大块下颌骨缺损的外形与功能重建的方法采用 CT 数字化图像数据, 利用 Mimics 图像软件和 Geomagic Studio 曲面重构软件镜像恢复下颌骨缺损区数据及种植体结构设计, 快速成型技术制作缺损下颌骨的树脂模型, 通过铸造技术制造纯钛修复支架修复缺损重建功能。	术前 CT 扫描数据可以直接被图像设计软件使用, 精密制造出缺损下颌骨的树脂模型和钛支架, 并可以设计良好的种植体。利用快速成型与反求技术进行个性化修复大块下颌骨缺损, 方法简便, 修复精确, 可同时修复外形及重建咀嚼功能。
佟岱等 ^[17] 《中华口腔医学杂志》	探寻利用 CAD 与快速成形技术制取上颌骨缺损模型的新方法, 以弥补传统模型制取方法的不足。	将 12 例下颌骨缺损患者的头颅 CT 数据输入计算机, 经 Mimics 8.11 软件和 Geomagic 7.0 软件处理后, 得到缺损部位的三维影像数据, 利用快速成形技术, 获得缺损部位的树脂模型。	利用 CAD 与快速成形技术制取下颌骨缺损部位模型是一种可行的方法。
张庆福等 ^[18] 《解放军医学杂志》	分析和评价下颌骨三维重建的效果及其影响因素, 为以下颌骨三维重建为基础的相关研究和临床应用提供参考。	利用 CT 扫描获取下颌骨标本的断层解剖信息并以 DICOM 格式输出, 然后采用三维重建软件进行重建, 大体观察重建效果后利用软件以有关解剖标志为测量点, 对下颌骨重建模型的下颌骨体厚度下颌骨升支前后径进行测量。	CT 扫描空间分辨率高, 下颌骨三维重建的效果良好, 对比测量分析表明重建模型与下颌骨标本无明显差异。说明基于 CT 扫描的下颌骨三维重建能满足相关科研和临床应用的需要。
张庆福等 ^[19] 《中国组织工程研究与临床康复》	实验拟观察计算机辅助下颌骨缺损的信息修复, 探讨利用快速原型技术快速制作下颌骨实体模型的可行性。	在三维重建的基础上, 通过计算机辅助图像切割模拟下颌骨缺损, 然后利用镜像技术以对侧相应部位的图像信息进行修复, 再建完整的下颌骨数据信息模型, 最后通过快速原型技术进行下颌骨实体模型制作。	利用计算机辅助图像切割和镜像修复技术, 可以对下颌骨缺损进行模拟和修复, 再结合快速原型技术, 可以加工出下颌骨实体模型, 为后续研究提供了模型基础。

3 讨论

快速原型制造技术将 CAD/CAM、数控技术、激光技术及新型材料和工程结合起来, RP 制作的高精度和高难度制作的优点使它成为解决医学难题的有效手段, 迎合了当前修复物个性化设计的趋势。对于颌骨肿瘤外科, 它可以在体外设计切除范围, 并设计精确的修复假体, 使肿瘤切除后能得到良好的外形修复, 同时可以设计性能良好的种植体, 恢复患者的咀嚼功能^[20]。对于截骨后的陈旧性颌骨畸形、先天性颌骨畸形和下颌骨复杂性骨折, 原型制作的三维头颅模型, 有利于模拟手术, 设计、安置重建钛板和牵张器的位置和外形。这将明显减少手术中医生的工作量, 简化手术, 减少手术创伤, 提高患者的生存质量^[21]。与复杂吻合血管的骨移植相比, 具有独特的优点。当然, 该项技术还需要时间来验证它的生命力, 但是它毕竟符合现代医学模式, 有良好的自我发展空间。该技术如能改进制作材料的种类和制作方法, 有望与骨组织工程的支架材料制作结合起来, 为大块骨组织工程研究提供手段, 目前

已有该项研究的报道^[22-24]。

三维重建是一种医学图像后处理技术, 几乎所有医学影像检查方法所获得的人体断层二维图像序列资料都可以利用计算机辅助进行三维重建, 包括 CT、MRI 激光扫描超声扫描以及生物塑化标本断层扫描等不同的图像采集方法。因设备成像原理不同重建效果不同^[25], 影响重建效果的因素和应用范围各不相同。当前临床应用和科研涉及较多的是 CT 和 MRI 其中 CT 扫描是目前公认最适合进行硬组织三维重建的影像获取方式。以 CT 扫描获取影像资料进行的颅颌面部骨骼的三维重建已在颅颌面部骨缺损的个性化修复复杂骨折、骨畸形的诊断辅助手术设计、三维导航手术等方面得到大量应用, 但三维重建效果影响和制约了其临床应用和有关研究, 故有必要对影响重建效果的因素加以分析。

4 参考文献

- [1] Salavagione HJ, Arias J, Garces P, et al. Spectroelectrochemical study of the oxidation of aminophenols on platinum electrode in acid medium. Journal of Electroanalytical Chemistry. 2004;565(2): 375-383.

- [2] 魏斌,张富强.牙颌系统三维有限元建模方法的进展[J].口腔材料器械杂志,2002,11(2):86-88.
- [3] 杨连平,李彦生,张练平,等.应用CAD/CAM技术进行个性化下颌骨重建[J].中国口腔颌面外科杂志,2004,2(2):65-67.
- [4] 孙弘,孙坚.颌面功能性外科学[M].上海:第二军医大学出版社,2003:297-301.
- [5] 魏洪涛,张天夫,曾晨光,等.牙颌三维有限元模型生成方法的探讨[J].白求恩医科大学学报,2000,26(2):51-52.
- [6] 李祖兵,赵怡芳,张文峰.下颌骨缺损即刻修复的临床研究[J].口腔医学纵横杂志,2001,17(4):284-285.
- [7] 吴凌莉,陈骏,李志杰,等.下颌骨角部受力时应力分布的三维有限元分析[J].中国组织工程研究与临床康复,2011,15(9):1566-1569.
- [8] 张文英,洪敏昌,蒋仕淑.多层螺旋CT后处理技术在颌骨骨折中的应用[J].医学理论与实践,2011,24(24):194-196.
- [9] 赵保东,李宇毅,周仰光,等.下颌骨的三维重建及实体解剖研究[J].华西口腔医学杂志,2002,20(1):21-23.
- [10] 赵峰,高勃,刘震侠,等.Dicom标准和Mimics软件辅助建立下颌骨三维有限元模型[J].西南国防医药,2005,15(5):479-451.
- [11] 徐昕,严君烈,平飞云,等.计算机辅助设计与制作技术在下颌骨缺损个性化钛覆层修复中的应用[J].中华口腔医学杂志,2011,46(7):422-424.
- [12] 胡静,王大章.正颌外科[M].北京:人民卫生出版社,2006:221-229.
- [13] 卢晓峰,唐友盛,沈国芳,等.颌骨畸形伴阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征的牵引成骨治疗[J].中华耳鼻咽喉科杂志,2003,38:166-171.
- [14] 游素兰,黄远亮,孙曼,等.应用Mimics软件建立下颌无牙颌三维有限元模型[J].口腔医学研究,2008,24(4):381-382.
- [15] 高勃,周剑,毛勇,等.应用激光近形制造方法制作口腔修复体的基础研究—牙颌石膏模型的层析三维测量[J].实用口腔医学杂志,2000,16(1):4-6.
- [16] 刘彦普,龚振宇,何黎升,等.大块下颌骨缺损的个性化数字设计及外形与功能重建[J].中国修复重建外科杂志,2005,19(10):803-805.
- [17] 佟岱,冯海兰,李彦生,等.计算机辅助设计与快速成形技术制作上颌骨缺损模型的临床应用初探[J].中华口腔医学杂志,2007,42(6):333-335.
- [18] 张庆福,吕春堂,刘国勤,等.下颌骨三维重建效果的测量分析研究[J].解放军医学杂志,2006,31(11):1050-1052.
- [19] 张庆福,吕春堂,刘国勤,等.计算机辅助模拟下颌骨节段性缺损及个性化修复[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(26):5079-5082.
- [20] 孔亮,胡开进,于攀,等.Matlab软件辅助建立全牙列下颌骨三维有限元模型[J].口腔颌面外科杂志,2004,14(1):17-19.
- [21] 夏荣.有限元法及其进展[J].中国口腔种植学杂志,1997,2(3):96-100.
- [22] 李玲,张睿,于力牛.基于CT断层影像的下颌骨及下牙列三维几何仿真[J].上海口腔医学,2000,9(4):235-236.
- [23] 魏斌,张富强.牙颌系统三维有限元建模方法的进展[J].口腔材料器械杂志,2002,11(2):86-88.
- [24] 骆小平,欧阳官,董妍,等. CT扫描及CAD 技术在建立无牙下颌骨及其全口义齿三维有限元模型中的应用研究[J]. 实用口腔医学杂志,1996,12(4):243-246.
- [25] 胡顺广,魏远坚,黄静娜,等.基于CT与计算机数字即刻重建的临床研究[J].广东医学,2010,31(5):598-561.



展示中国组织工程研究最优秀的成果 ②

(接目次页)

虽然一些研究已经显示干细胞可以形成各种类型的细胞和简单的组织,但是否已具有可形成多种复杂器官的能力目前还远未清楚。来源于干细胞的细胞应用于细胞和组织替代治疗后仍面临着移植排斥的问题,用于临床治疗的安全性问题。对于胚胎干细胞而言,在移植前如何真正保证胚胎干细胞全部被诱导分化,对诱导分化的细胞又怎样才能做到严格纯化,如何认识干细胞可塑性的机制,干细胞分化时所处微环境中的调控因素又是如何起作用的,等等,都需要去认识去实验去观察呀……

探讨组织工程研究中支架材料的构建: 支架材料构建的基本原则,支架材料的应用策略,常用支架材料的种类和来源,天然可降解的生物材料,人工合成可降解的生物材料,新型生物材料,常用天然支架材料及其制备,包括胶原的制备,脱细胞真皮的制备,脱细胞周围神经组织的制备,脱细胞骨组织的制备等。具备良好的组织相容性、良好的表面活性、可塑性、生物可降解性、具有三维立体结构的理想的组织工程的基质材料又有哪些?

组织工程研究中种子细胞与支架材料将怎

样进行联合培养? 联合培养中的方法与技术有哪些新突破?细胞接种前的准备,细胞与支架的接种技术,细胞示踪技术中的病理学示踪和非病理学示踪……

建立由细胞和生物材料构成的三维空间复合体,这与传统的细胞培养二维结构本质上的区别就在于其最大优点是可形成具有生命力的活体组织,对病损组织进行形态、结构和功能的重建并达到永久性替代。用最少的组织细胞通过体外培养扩增后,进行大块组织缺损的修复,按组织器官缺损的情况任意塑形,达到完美的形态修复。

在组织工程研究中不可或缺的生物反应器,其原理、技术与应用又有哪些新的进展?生物反应器的种类,生物反应器的应用技术还存在哪些问题?

探讨组织工程研究中的生长因子: 常用的生长因子有转化生长因子- β ,骨形态发生蛋白,碱性成纤维细胞生长因子,表皮生长因子,胰岛素样生长因子,血管内皮细胞生长因子,神经胶质生长因子,软骨调节素,血小板衍生长因子,角朊细胞生长因子……

生长因子中的控制释放技术?携带生长因

子的控制释放材料?生长因子的控制释放体系?生长因子控制释放体系中存在着的诸多问题也需要解决。

在获得理想细胞之前,组织构建需用自体细胞与材料复合,构建组织工程的初级产品,在这一过程中面临的最大问题是细胞增殖缓慢。解决这一问题目前主要有两条途径,即具有分化潜能的细胞的诱导和促生长因子的应用。在体内情况下,多种生长因子都由机体协调作用,因而是一个多因子的序贯作用体系,体外如何模仿实施这一多因子序贯调节过程也是组织工程研究中的一个重大课题。

探讨组织工程化组织和器官的构建: 组织工程化肝的构建,组织工程化肾的构建,组织工程化血管和心脏瓣膜的构建,组织工程化周围神经的构建,组织工程化骨与软骨的构建,组织工程化牙齿的构建,组织工程化椎间盘的构建,组织工程化皮肤的构建,组织工程化角膜的构建,组织工程化乳腺的构建,组织工程化气管的构建,组织工程化食管管的构建,组织工程化膀胱的构建,组织工程化阴茎的构建,组织工程化尿道的构建,其他更多组织工程化器官的构建?

(下转1700页)