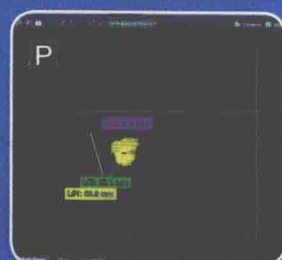


计算机导航辅助 骨肿瘤外科手术学

Computer Assisted
Surgery in Bone Tumors



主编 田 伟 牛晓辉



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

计算机导航辅助 骨肿瘤外科手术学

Computer Assisted Surgery in Bone Tumors

主 编 田 伟 牛晓辉

编 者 (按姓氏笔画排序)

马 珂 王 涛 牛晓辉 邓志平 田 伟
孙 扬 李 远 刘巍峰 张 清 杨发军
杨勇昆 鱼 锋 金 韬 单华超 郭 卫
姬 涛 赵海涛 徐立辉 徐海荣

Keisuke Ae Mark Scarborough Seiichi Matsumoto

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机导航辅助骨肿瘤外科手术学 / 田伟, 牛晓辉主编.
—北京: 人民卫生出版社, 2016
ISBN 978-7-117-23665-2

I. ①计… II. ①田…②牛… III. ①计算机应用—骨肿瘤—
外科手术 IV. ①R738.1-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 265228 号

人卫智网	www.ipmph.com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www.pmph.com	人卫官方资讯发布平台

版权所有, 侵权必究!

计算机导航辅助骨肿瘤外科手术学

主 编: 田 伟 牛晓辉

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 31

字 数: 754 千字

版 次: 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-23665-2/R·23666

定 价: 268.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

主编简介



田 伟

主任医师、教授、博士生导师。北京积水潭医院院长，脊柱外科主任。中华医学会骨科学分会主任委员、国际计算机辅助骨科学会候任主席。作为我国智能骨科的创新实践者，自 2002 年起在国内率先开展骨科计算机导航与机器人技术的研究与临床应用，始终致力于骨科的精准、安全及微创化治疗，主持制定多项国家卫生行业标准及全国学会指南，建立国内首家国际认证骨科专科医师培训中心。获国家科技进步二等奖 1 项，北京市科技进步奖一等奖 2 项、中华医学科技二等奖 1 项。相关成果作为医药领域唯一代表与北斗、高铁及天河计算机等一起被列入国家“十二五”13 项重大标志性科技成果进行巡展。

主编简介



牛晓辉

主任医师、教授、博士生导师。北京积水潭医院骨肿瘤科主任。中国临床肿瘤学会(CSCO)骨与软组织肉瘤专家委员会主任委员,中国抗癌协会(CACA)肉瘤专业委员会主任委员,国际保肢协会(ISOLS)中国地区唯一常务理事(board member)。在肢体恶性骨与软组织肿瘤的保肢治疗、骨肉瘤的综合治疗、脊柱、骨盆及骶骨肿瘤的诊断与治疗、计算机导航辅助骨肿瘤精准外科治疗等方面,均处于国内领先水平。兼任《中国骨与关节杂志》副总编辑,《中华外科杂志》、《中华骨科杂志》等10余家期刊编委。致力于推动我国骨与软组织肿瘤的规范化治疗,主持制定国家行业标准,包括《专家共识》及《诊疗指南》。获中国抗癌协会科学技术进步奖,北京市科学技术进步奖,北京市卫生局科技成果奖等多个奖项。

前 言

骨肿瘤是指发生于骨骼系统的肿瘤,其发病率低,但不管是基层医院、骨科专科医院或综合医院,骨科医生都会在临床上或多或少诊治过该类疾患。在某种意义上来说,骨肿瘤这类疾病属于交叉学科,他需要医生同时具备肿瘤学的知识和骨科学的知识。在中国,除了专业的骨肿瘤医生外,骨肿瘤一般主要由骨科医生诊治。遗憾的是,很多骨科医生并没有专业的肿瘤学知识。

因此,我们此前编写出版了《骨肿瘤标准化手术》,旨在对看似没有规律的骨肿瘤诊治进行分类、归纳和总结,按照肿瘤学处理的原则要求,提供标准化的手术方案。但由于骨肿瘤手术对肿瘤学和骨科学两类知识的要求,设计好的手术方案,顺利实施并不是一件容易的事。比如:术前设计在肿瘤正常组织以外 1cm 做切除,但在实际实施时或者少于 1cm,使肿瘤复发风险明显增高,或者明显多于 1cm,造成不必要的过多切除,给重建带来困难,甚至影响术后功能。因此,如何精确实施手术方案、做到精确骨肿瘤切除是我们一直思考的问题。

精准医疗是目前比较热门的概念。骨科手术操作的精准医疗同样受到广泛关注,例如:骨科大夫经常做的平面截骨的精确度问题,2010 年有学者在 JBJS(Am) 上发表文章,目的是验证骨科大夫进行平面截骨的精度,作者设计了一个实验,由 6 个非常有截骨经验的医生进行操作,在模型上做模拟平面截骨,结果发现:在无辅助设备指引的情况下,徒手进行操作,平均误差达到 5.2mm;而如果采用计算机导航辅助,虽然仍然徒手操作,但切除的精度大大提高,截骨平面误差减少到 2.8mm(具有统计学意义);如果由机器人在计算机导航辅助下进行操作,误差进一步减少到 1.7mm(同样具有统计学意义)。因此,计算机导航辅助技术对于骨肿瘤医师的手术操作无疑是大有裨益的。

2007 年,中国医药生物技术协会计算机辅助外科技术分会在北京成立,该分会极大地促进了计算机导航辅助骨肿瘤手术的发展。北京积水潭医院骨肿瘤科有着 40 多年的历史,作为国内最早建立的骨与软组织肿瘤专业诊治中心,目前已发展为国内规模和影响力最大的专业骨与软组织肿瘤诊治中心。我们的骨与软组织肿瘤数据库有 19 000 多个病例。到目前为止,我们的数据库中保存着 800 余例计算机导航辅助骨肿瘤手术的详细资料。在本书中,我们精心选择了不同部位,不同种类的典型手术,以图谱的形式详细阐述计算机导航辅助手术的具体思路和步骤,并对计算机导航辅助骨肿瘤手术的基本理念和概念进行阐述,供各位读者参考。

但是,我们也必须指出:计算机导航辅助只是为了实现术者的手术目的,提高精确度,缩短学习曲线,计算机导航辅助本身并不能代替术者思考,术前计划需要术者亲自来完成,这就包括:肿瘤范围需要术者亲自去确定,外科切除边界更是“人”给的。

最后感谢北京积水潭医院骨肿瘤科全体医生和资料室秘书在繁忙的临床工作中挤出时间精心选择病例、整理资料并最终成文。

田 伟 牛晓辉

2016年7月

目 录

第一部分 总 论

第1章	计算机导航辅助技术在骨科手术中的应用——发展和现状	3
第2章	计算机导航辅助技术在骨肿瘤手术中的应用——发展和现状	11
第3章	安全外科边界在骨肿瘤治疗中的重要性	20
第4章	骨盆环肿瘤切除术后的功能重建	23
第5章	计算机导航的硬件和软件介绍	41
第6章	计算机导航在骨肿瘤手术中的流程	62
第7章	计算机导航辅助骨肿瘤手术体位及导航设备摆放要点	75
第8章	骨肿瘤计算机导航所需图像的融合方法	86
第9章	工作站中进行骨肿瘤术前设计和标记的方法	103
第10章	肿瘤切除后导航确认外科边界范围	118
第11章	计算机导航辅助手术常见失误与故障分析	130

第二部分 各 论

第12章	计算机导航在骨肿瘤活检中的应用	151
第13章	计算机导航辅助肢体骨巨细胞瘤的扩大刮除手术	164
第14章	计算机导航辅助经皮射频消融治疗骨样骨瘤	174
第15章	计算机导航辅助下骨样骨瘤刮除植骨术	185
第16章	应用肿瘤数据获取精确形状异体骨进行重建和操作演示	194
第17章	计算机导航辅助股骨远端骨旁骨肉瘤外科切除	202
第18章	计算机导航辅助骨盆I区肿瘤切除、3D打印假体置换	216
第19章	计算机导航辅助髌臼前柱肿瘤切除	233
第20章	计算机导航辅助髌臼后柱肿瘤切除	247
第21章	计算机导航辅助骨盆I+IV区肿瘤切除术	261
第22章	计算机导航辅助超半盆截肢	280
第23章	计算机导航辅助脊柱肿瘤的外科切除	298
第24章	计算机导航辅助全骶骨的外科切除	308
第25章	计算机导航辅助次全骶骨的外科切除	330

第26章	计算机导航辅助肩胛骨部分切除术	343
第27章	计算机导航辅助股骨近端肿瘤全关节切除重建术	351
第28章	计算机导航辅助股骨近端骨软骨瘤的外科切除	360
第29章	计算机导航辅助股骨近端保留关节	370
第30章	计算机导航辅助股骨干肿瘤切除及大段异体骨重建	381
第31章	计算机导航辅助股骨远端单髁切除异体骨重建	392
第32章	计算机导航辅助股骨远端恶性肿瘤切除保留关节和人工假体重建	406
第33章	计算机导航辅助保留髌腱止点的全膝关节切除	425
第34章	计算机导航辅助胫骨上段保留关节及大段异体骨重建	439
第35章	计算机导航辅助胫骨干肿瘤切除及大段异体骨重建	448
第36章	计算机导航辅助胫骨远端肿瘤的外科切除	457
第37章	计算机导航辅助踝关节周围肿瘤切除踝关节融合术	469

第一部分 总 论



第 1 章

计算机导航辅助技术在骨科手术中的应用——发展和现状

背景

计算机辅助导航技术在过去几十年不断进展,已经逐渐在骨科各亚学科中得到广泛应用。这项技术能为外科医生提供术中的实时信息,可以帮助外科医生提高手术的精确度和实现术前计划,减少手术显露范围,减少手术操作相关的并发症,从而最终提高患者的治疗效果。计算机辅助导航技术的应用在脊柱外科和关节置换手术中描述最多,在其他骨科亚学科中的应用正在迅猛发展。这项技术预示着未来骨科手术方式的改变。

简介

随着计算机技术及影像技术在医学上的不断进步,过去 30 年间,计算机辅助导航手术得到了迅速发展,从最开始在神经外科及脊柱外科的应用,到现在已发展到众多骨科亚学科的应用。这项技术的优势包括术中实时提供给术者精确的解剖学信息,可以提高手术的精确度和减少术中软组织的分离。这项技术尚未被广泛接受,主要原因在于增加费用,增加手术时间,需要人员培训以及导航手术与传统骨科手术对比提高临床效果和功能的文献还不够多。尽管如此,除了这些局限性,随着技术的进步,对计算机辅助外科的接受将会不断增加。

计算机辅助导航的进展

用医学影像建立精确可视的 3D 解剖视图是计算机辅助导航技术的必需条件。20 世纪 70 年代 CT 技术和 80 年代 MRI 技术的进步加快了导航技术的应用。Roberts 等最早描述了神经外科中的立体定向概念,可以使外科医生能在术中实时追踪手术器械在术前 CT 或 MRI 上的精确位置。这项技术的发展成为了现代计算机辅助导航技术系统的基础。

早期的计算机导航技术包括对大脑针吸活检及大脑肿瘤切除的术中导引技术,后来发展到在大量的外科手术中应用。计算机辅助导航技术已经应用到许多领域,包括神经外科、耳鼻喉科和颅脑颌面外科。在骨科手术中的应用进展主要源于骨科对影像技术的依赖,骨科手术经常需要重建解剖结构和植入内置物。现代导航系统可以提供实时的解剖学信息反馈,可以避免在危险解剖区域进行手术操作,可以提供内置物位置的实时反馈,可进行复杂的 3D 数据测量等,这项技术的应用还在不断发展。

计算机辅助导航

现代手术导航系统主要基于使用追踪红外线的立体摄像头,可以判断发射红外线的参考标记点的空间位置。这些标记点可以固定在某个解剖结构上或者手术器械上,从而可以提供手术器械的精确位置,提供内置物相对于固定解剖标记点的精确位置,可以在手术中监测手术器械是否处于危险的区域。计算机可以通过一组定位标记点确定其空间定位,从而可以追踪显示位于某解剖区域内的所有精确位置。用于导航的解剖图可以基于多种影像,包括:术前的CT或MRI,术中的透视影像或CT,或者通过患者特殊的标记点用普通的正常图像构建出解剖图。

计算机根据手术器械尖端和解剖标记点的距离而生成解剖地图,因此术中摄像头可以活动,并且不影像解剖地图的生成。

这套导航系统可以被整合并固定在一间手术室里,也可以呈移动式的在多间手术室使用。可移动性可以增加使用的灵活性,当然不利因素是手术室会更加混乱并且增加重新设置导航设备的时间。尽管存在不同,但典型的导航系统需要包含以下的部件:①立体摄像头;②含有外科导航软件的计算机;③显示器;④带有参考标记点的外科器械;⑤固定的解剖标记点。

随着技术的进步,导航设备不断更新并且尽可能少的占用手术室空间。新一代的导航系统可以使用手持的无线显示器,这样可以避免手术医生视野离开术野而分心。

在导航操作开始时需要先进行注册,这样可以使导航系统允许使用设定的解剖地图。可以通过患者的解剖标志进行点注册从而与术前的影像相融合,也可以使用术中采集的影像。对于复杂的手术(例如脊柱手术)对导航精度要求高需要使用术前或术中患者本身的影像而进行导航。相反,对于肢体的手术如果重点在于力线(例如关节置换术),无图技术则应用更加广泛,这样可以减少额外的手术时间和减少放射线暴露。

导航系统可以是被动的、半主动或全主动。被动系统提供实时的解剖位置,但是允许医生无限制的操作,可以提供手术器械或植入物相对某固定解剖标志点的实时位置并显示在屏幕上。在半自动的系统中,允许系统进行一些自动的动作,例如移动手术夹具或电钻导向器,但这种系统仍然在手术医生的控制之下。全自动系统可以自动进行各种手术操作,并且避免手术医生进入事先设定不让进入的解剖区域。已经存在的全自动系统,例如ROBODOC(Integrated Surgical Systems, Davis, CA, USA)和CASPAR(URS Ortho GmbH, Rastatt, Germany)已经显示出满意的效果,但仍需进行广泛的应用。

计算机辅助导航技术在目前骨科手术中的应用

过去几十年计算机辅助导航技术在骨科手术中得到迅速发展,目前在几乎所有骨科亚学科都得到应用。

脊柱外科

计算机辅助外科技术在脊柱外科中的广泛应用主要原因在于脊柱的复杂解剖结构和周围的高危险解剖结构,传统手术操作不能轻易显露。主要用于减压和植入内置物手术,

主要是椎弓根钉的置入。偶尔脊柱外科手术会发生神经的、血管的或者内脏的并发症,这些并发症的结果可以是很严重的。使用传统手术方法,椎弓根钉的错误位置置入率可达21%~55%,有些报道使用传统的标准椎弓根钉技术大约25%的置入位置接近危险的解剖结构。为了减少错误置入的概率和减少潜在的灾难性后果,外科医生很有兴趣在脊柱外科领域加快发展导航技术。

在早期的脊柱导航应用中,Merloz等证明了导航可以增加椎弓根置入的准确性。这使得在近20年导航技术在脊柱手术中得到广泛应用。最近技术得到进步,已经整合了术中的CT影像(例如O-arm-Medtronic Navigation, Inc, Minneapolis, Minnesota, USA),这项技术的出现使得术中可以实时得到多平面的脊柱解剖图像,并且可以得到实时的椎弓根钉位置信息,如果需要进行椎弓根钉翻修也可以实施。

在2010年一项Verma等进行的Meta分析共收入了1288例患者的5992例椎弓根钉置入数据,计算机导航置入的准确率高于徒手置入的准确率(93.3% vs. 84.7%)。最近的一项Meta分析也显示使用导航可以减少椎弓根钉穿透的风险(6% vs. 15%)和神经并发症的风险(0 vs. 3%)。在一项更加细致的椎弓根钉位置的研究中,Tang等发现使用导航后可以得到类似的精度提高和减少并发症的发生。

另一项导航技术的优势在于脊柱外科中的微创操作。术中减少了软组织的显露可以减少医源性的损伤,减少术后疼痛、感染风险以及住院时间。以往脊柱融合技术需要进行广泛的显露,但现在经皮操作即可完成。骨科中微创操作已经成为一个重点关注的领域,而计算机辅助导航技术可以帮助完成。

关节置换术

在关节置换术中,机械轴的重建、假体的位置以及解剖结构的保留对于术后功能和假体的生存率至关重要。计算机辅助导航系统可以给手术医生提供准确的实时的数据,因此在关节置换领域引起了广泛的兴趣。关节科医生广泛的使用术前影像或无图技术进行导航,其中术前影像导航主要用于复杂的畸形或翻修手术中。

在全膝关节置换术中,矢状面和冠状面的平衡对于术后功能和假体的生存率非常重要,有研究表明即使对于经验丰富的医生,仍然可出现高达26%的临床明显的力线不佳。导航技术可以帮助医生更加精确地进行关节置换,减少矢状面及冠状面的力线误差。除了力线,新的导航技术可以提供实时的术中信息,包括关节的松紧度及软组织平衡等。这项技术可以帮助术者量化并调整软组织平衡,从而提高全膝关节置换的寿命及患者的功能。

在更加复杂的膝关节置换手术中,例如合并关节外畸形及骨量丢失的翻修病例,标准的力线测量方法并不可靠,导航技术则提供了精确可靠的测量。但手术医生必须在假体置入前注意,对于翻修病例,基于术前CT的导航可能会因为伪影受到影响,而采用无图技术可能在注册时因为缺少真实的解剖标志而受到影响。因此术者要对这些病例进行导航计划时需谨慎考量。过去10年许多文献对计算机辅助全膝关节置换术后的影像及临床功能进行研究,许多研究都表明使用导航技术后对全膝置换术后的力线有明显提高。Hetaimish等进行的Meta分析显示使用导航后不论胫骨还是股骨假体其力线均优于未使用导航的病例。De Steiger等进行的大型研究表明对于65岁以下患者导航手术进行的全膝置换随访9年后可以降低翻修率(6.3% vs. 7.8%)。这也提示通过力线的改善可以降低翻修率,长期的研究

可能会证实导航技术对全膝置换术假体生存率的提高。

在全髋关节置换术中,髌臼假体的位置对术后功能非常重要,通常,术者根据 Lenwinnek 等提出的“安全区”进行手术,如果假体位于这个“安全区”外则提示术后功能差,包括活动度减少,假体脱位、磨损等。传统的手术技术依赖直视和术中触摸解剖标志(例如髌臼横韧带)。需要注意的是这些标志可能会受到畸形、退变及患者体位的影响。即使经验丰富的医生也可能出现髌臼假体位置的不当。两项 Meta 分析比较了导航技术辅助及徒手的全髋关节置换术,导航手术可以减少髌臼位置的不当,但手术时间会更长,其中一项研究显示两组的失血量并无显著差异。

股骨偏心距重建和肢体长度是进行全髋关节置换的另一个重要的考虑因素。肢体长度不等可能导致疼痛,僵硬,患者不满意以及预示着早期假体失效。有研究表明使用导航技术后肢体不等长可以得到改善。肢体不等长是患者最常见的不满意主诉和第二诉讼原因,因此导航技术具有潜力提高患者的满意度和减少诉讼的发生。

创伤骨科

在上世纪 90 年代, Hofstetter 等描述了一种基于术中 X 线图像的实时导航技术,这项技术使创伤骨科开始使用导航技术,可以使用外科器械进行导航,对于植入物也只需要一次术中 X 线透视。使用计算机辅助导航技术可以使骨折复位更加精准,可以减少软组织的剥离,更加有利于骨折的愈合。计算机导航在创伤骨科中有许多应用,最常用在骨折的复位,长骨的髓内固定,经皮螺钉固定以及异物或内置物取出。随着影像技术的进步,导航技术将应用于更加复杂的创伤手术操作中。

髓内针置入手术时使用追踪器对骨折近端和远端进行定位,置入髓内针过程中也可对针尖进行定位。这可以使进针点更加准确,更容易置入锁定钉和阻挡钉,减少过多的放射线暴露。也可以标记未受伤的股骨,计算和匹配股骨前倾角,对受伤股骨进行远端锁定时减少旋转对位误差。可以使用导航系统轻松的计算出髓内针的长度和锁定螺钉的长度。尽管实验室的研究证实使用导航后更加准确,但仍需长时间的临床随访,观察是否使用导航技术辅助髓内针置入能提高治疗效果。

导航技术也被用来进行经皮的微创固定,例如股骨颈骨折的固定。Liebergall 等回顾性的分析了导航辅助下经皮股骨颈固定和传统的手术固定,发现导航辅助的固定螺钉更加平行且并发症更少,翻修更少。

创伤骨科手术中,术中影像通常用来评估植入物的力线和骨折复位情况。导航的一个初始优势在于减少术中透视的 X 线暴露。导航系统本身无放射线危害,可以根据已经保存的图像提供实时的多平面的图像信息,这允许术者在不反复透视的情况下调整导针、螺钉或假体的位置。因此导航技术可以减少患者及手术医生的 X 线暴露。许多研究表明跟传统内固定手术相比,使用了导航技术可以减少 25%~90% 的术中透视次数。

在创伤骨科中使用导航技术的一个局限在于准备导航系统的时间和手术时间的延长。在其他骨科亚学科,使用导航技术也会增加手术时间,但这往往被增加了手术的精确性和改善了假体的力线而忽略,而在创伤骨科急诊,手术时间往往会成为一个制约因素。一些研究表明在创伤骨科手术中使用导航技术会增加 5~40 分钟的手术时间,这对于虚弱和多发创伤患者是不能被接受的。因为手术时间延长的影响,导航技术在创伤骨科的出现比其

他亚学科要晚。

使用术前影像为基础进行导航对创伤骨科来说并不是很理想,因为骨折复位后骨性标志的相对位置会发生变化。因此需要采用术中的影像为基础来导航,包括透视、3D 透视和术中 CT。采用透视进行导航时需要采集骨折骨骼的正侧位影像,在系统中进行注册,这样就可避免术中反复移动 C 形臂和减少患者及术者的 X 线暴露。最近 3D 透视开始出现,可以获得类似 CT 的图像,但其在创伤骨科中应用的局限性在于其扫描范围小(12cm^3),因此对长骨和骨盆的固定不适用,但对于其他复杂的骨折,例如跟骨、胫骨平台或股骨颈骨折仍然非常有用。因为移动设备(如 O 形臂)的出现,术中 CT 仅仅最近才开始应用,这对更加复杂的骨折,例如骨盆或脊柱,能提高手术的精确度。

运动医学

在运动医学领域导航也有应用,但使用导航没有在关节置换及脊柱外科领域多。主要在前交叉韧带重建术中使用导航,因为不准确的隧道位置可能引起较差的手术效果,例如松弛和不稳定,以至于需要进行翻修。采用导航技术可以精确的确定隧道位置,从而与传统手术相比更符合膝关节的动力学。CASPAR 是一个基于术前 CT 的主动进行前交叉韧带重建隧道准备的系统, Burkart 等进行的研究表明 CASPAR 系统可以达到与经验丰富医生类似的效果。因此,理论上,该技术可以减少初学者及年轻医生进行手术时移植物位置相关并发症的发生。

另一个运动医学领域应用导航技术在于软骨缺损,进行软骨移植需要进行精确测量,这可以使用导航技术进行帮助,理论上可以减少移植软骨的松动和减少供区并发症,但这还没有被文献所证实。

骨肿瘤

其他骨科领域导航技术广泛使用测量和力线工具,在骨肿瘤领域主要应用其定位准确的特征。因为骨肿瘤手术复杂且变化多样,因此导航技术在骨肿瘤领域的应用似乎有无限的潜力。骨肿瘤往往累及复杂的不典型的解剖结构,并且靠近重要的神经血管,因此,利用导航的精确和减少显露的优势就非常明显。

在过去 30 年间,影像技术、材料技术及假体设计都取得了显著进步,这使得保肢手术得到广泛应用,而且不会增加局部复发率和减少患者的长期生存率。整块切除对于复杂解剖部位的肿瘤仍充满挑战,例如骨盆肿瘤的整块切除。骨盆肉瘤切除时污染边界和局部复发率仍然较高。使用导航技术后可以进行精确的术前计划和术中的实时观察,CT 或 MRI 引导的导航技术可以用于骨或软组织肿瘤的切除。另外,导航技术可以辅助切除后的重建。

计算机辅助骨肿瘤手术的结果是充满希望的, Wong 等证实导航手术增加了肿瘤计划切除和重建骨缺损的准确性。Jey 等证实使用导航后骨盆或骶骨恶性肿瘤的囊内边界由 29% 下降到 8.7%。最近由 Cho, Wong 和 Kumta 发表的文章显示导航技术能使骨盆和骶骨骨肉瘤的局部复发率降低 50%。总的来说,导航技术适用于复杂解剖部位和临近重要结构的骨肿瘤手术,可以帮助实现精确的切除和达到安全的边界。计算机辅助导航技术也用于复杂的假体重建和对异体骨进行适形以重建骨缺损。对于简单的切除不推荐使用导航技

术,但对于复杂的切除,例如骨盆肿瘤的切除和复杂的不规则形状切除则导航技术非常有帮助。

除了复杂解剖部位,导航技术也应用于保留关节或保肢的骨肿瘤手术,多平面或不规则切除的手术,计算机辅助定制假体或异体骨的重建。保留关节的手术中可以使用导航技术精确的切除肿瘤,保留自身的关节及周围软组织,实现更好的重建和达到更好的功能。多平面的切除可以在导航技术辅助下实现,保留了更多的骨量,可以允许更多的重建选择而不牺牲肿瘤的边界和肿瘤学结果。计算机辅助导航技术可以帮助医生精确切除,并且使用定制假体进行重建。例如使用术前 MRI 和 / 或 CT 可以帮助术者进行计划,设计进行不规则形状的切除,还可以根据导航设计出患者特异的手术器械以适应患者独特的解剖,例如通过这些信息可以设计出一个截骨导板,应用在异体骨上对异体骨进行适形准备,最终植入患者的骨缺损处。

尽管导航技术应用在骨肿瘤的精确切除中非常令人振奋,但仍存在一些局限性。其中一个局限性在于导航注册时完全基于骨性解剖标志,因此对于软组织的切除仍然依赖于传统的手术技术。

另一个局限性是骨肿瘤所特有的,那就是术前计划和手术的时间间隔。像关节炎或脊柱手术即使经过几周时间患者的骨性标志几乎不会改变,而恶性肿瘤则在不断生长,可能引起骨性标志的改变,从而导致术前设计的数据与术中实际的情况不一致。其他的局限性与骨科其他亚学科类似,包括手术时间的增加,费用的增加,很难量化计算机辅助导航的准确性和缺乏大样本的临床数据来支持其临床效果。

计算机辅助导航的新兴领域

近年来,导航的影像技术得到不断进步,术中 CT(例如 O 形臂)已经开始应用,可以提高准确性和提供实时的位置确认。神经外科已经开始使用术中 MRI 来增加大脑肿瘤的术中可视性。先进的技术可以整合这些大容量的数据使得术中应用成为可能。

应用导航技术除了术中给患者带来的好处之外,也可以应用导航技术对医生进行训练。通过实时的信息反馈,年轻的经验不足的医生可以锻炼他们的术中决策力,实时进行术中的调整以避免错误的发生。导航技术也可以通过微创操作而提供实时的术中三维解剖影像,计算机辅助导航的训练应该被整合到骨科住院医生的培训中。对于普通骨科医生,如果某项手术经验不足也可使用导航技术来提高准确性。

目前大多数的导航系统仍属于“被动”系统,而一些具有“主动”特征的导航系统使得“机器人医生”的概念离我们越来越近。主动系统,例如 ROBODOC(Integrated Surgical Systems, Davis, CA, USA)和 CASPAR(URS Ortho GmbH, Rastatt, Germany),可以根据术前计划进行主动操作。在两项研究中,使用 ROBODOC 系统和传统的全髋关节置换术相比,可以增加安全性和有效性。使用 ROBODOC 系统后股骨假体安放位置更好,在翻修病例中使用导航系统取骨水泥比徒手取更加安全和迅速,股骨侧骨折的发生率也低于传统手术组。MAKOplasty(MAKO Surgical Corp, Michigan, USA)系统使用相似的技术,手术医生可以控制操作,但系统设定了操作的边界,在操作边界之内医生可以进行控制。尽管过多的依靠主动导航系统进行操作会引起担心,但这方向的广泛潜力仍值得关注。