

上颈椎与 颅脊交界区重建

Reconstruction of Upper Cervical Spine and
Craniovertebral Junction



原 著 Petr Suchomel Ondřej Choutka

主 译 夏 虹 尹庆水 吴增晖

主 审 钟世镇 刘景发 刘 坚



北京大学医学出版社

上颈椎与颅脊交界区重建

Reconstruction of Upper Cervical Spine and Craniovertebral Junction

原 著 Petr Suchomel

Ondřej Choutka

主 译 夏 虹 尹庆水 吴增晖

主 审 钟世镇 刘景发 刘 坚

副主译 欧阳钧 马向阳 艾福志 王建华 昌耘冰

译 者 (以姓氏笔画为序)

马向阳 王 非 王建华 王智运 王新宇

尹庆水 艾福志 白朝晖 许俊杰 李 青

李凭跃 李宝丰 杨双石 杨进城 肖 进

吴 优 吴增晖 张 宇 张 余 张 涛

陈加荣 陈博来 欧阳钧 昌耘冰 郑小飞

夏 虹 夏远军 黄华扬 曹正霖 章 凯

章 莹 戴建强

秘 书 麦小红 陈 娜

统 筹 何保华



北京大学医学出版社

SHANGJINGZHUI YU LUJIAOJIEQU CHONGJIAN

上颈椎与颅脊交界区重建 / (捷克) 祖霍梅尔
(Suchomel, P.), (美) 舒提卡 (Choutka, O.) 著; 夏虹,
尹庆水, 吴增晖译. —北京: 北京大学医学出版社, 2015.1

书名原文: Reconstruction of Upper Cervical
Spine and Craniovertebral Junction

ISBN 978-7-5659-0968-9

I. ①上… II. ①祖… ②舒… ③夏… ④尹… ⑤吴…
III. ①颈椎 - 脊椎病 - 外科手术 IV. ① R681.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 242726 号

北京市版权局著作权合同登记号: 图字: 01-2014-6827

Translation from the English language edition:
Reconstruction of Upper Cervical Spine and Craniovertebral Junction
By Petr Suchomel, Ondřej Choutka
Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011
Springer is a part of Springer Science + Business Media.
All rights reserved.

This translation is published by arrangement with Springer-Verlag GmbH.
This book may not be sold outside the People's Republic of China.
Simplified Chinese translation Copyright ©2014 by Peking University Medical Press.
All rights reserved.

上颈椎与颅脊交界区重建

主 译: 夏 虹 尹庆水 吴增晖

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumppress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京佳信达欣艺术印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 冯智勇 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 17 字数: 497 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-0968-9

定 价: 188.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

中文版序言

“没有金刚钻，不揽磁器活”，没有炉火纯青的过硬技术，一般不敢在太岁头上动土。这是我曾经为广州军区总医院骨科学者们编写出版《临床颈椎外科学》和《颅脊交界外科手术学》时所写序文中的感言。颅脊交界外科属于脊柱外科与神经外科的交叉范畴，该部位结构复杂、功能重要，外科干预的风险极大。是他们率先在国内开展了经口咽前路难复性寰枢椎脱位的减压手术，创造性地研制了经口咽前路寰枢椎脱位即时复位钢板系统（TARP 系统），解决了难复性寰枢椎脱位治疗的世界性难题。

“欲穷千里目，更上一层楼”，广州军区总医院骨科学者们并没有满足于已经取得的成绩，他们高瞻远瞩，放眼世界，关注国际骨科领域的发展动态。“他山之石，可以攻玉”，他们对 Petr Suchomel、Ondřej Choutka 主编，Springer 出版社出版的 *Reconstruction of Upper Cervical Spine and Craniovertebral Junction*（《上颈椎与颅脊交界区重建》）一书情有独钟，组织翻译了这本世界级的关于上颈椎与颅脊交界区重建领域的专著。该书紧密联系临床，既有成熟的经典和规范、缜密的手术原则和思路，又有具体的重建技术操作方法，适合从事骨科和神经外科的临床医生阅读和参考。

“不到园林，怎知春色如许”。这部译著能够让读者们开阔眼界，领悟“有比较才有鉴别”“操千曲而后晓声，观千剑而后识器”之真谛，进而通中法外，舍短取长，有所增益。故推荐此书，并为之序。



中国工程院资深院士
南方医科大学教授
2014 年秋于广州

译者前言

脊柱外科近 20 年发展迅速，作为脊柱外科的分支，上颈椎与颅脊交界外科这一新兴的交叉学科亦呈现蓬勃发展之势。目前在治疗该领域疾患时，骨科医生与神经外科医生往往是“术业有专攻”，各行其是，各有侧重，共同合作的局面尚未真正形成；但他们都有这样的共识，那就是，向着既追求“完美”的颅脊交界区结构重建手术、又重视“精细”的显微外科神经减压技术的目标而努力。在我国，新一代脊柱外科医生不仅能在以往所谓的“禁区”或“危险区域”进行各种矫形减压手术，而且也开始注重本专业领域与神经外科技术的融合；但在研究的深度和广度上与国际先进水平还有一段不小的差距。

由 Petr Suchomel、Ondřej Choutka 主编，Springer 出版社出版的 *Reconstruction of Upper Cervical Spine and Craniovertebral Junction*（《上颈椎与颅脊交界区重建》）是继 Thieme 出版社 *Surgery of the Craniovertebral Junction*（《颅脊交界外科学》）之后又一部具有国际顶尖水平的上颈椎与颅脊交界外科学英文版专著。

该书细致地描述和复习了上颈椎与颅脊交界区的解剖学、生物力学和放射影像学知识，重点讨论该区域结构的重建技术原则，系统介绍该区域各部位的创伤、疾患、畸形、炎症、肿瘤等外科治疗的手术指征以及重建手术的具体操作方法。

作为一部高度、广度、深度兼备的临床专著，该书既有紧密相关的基础知识，又有实用的外科技术体系；不仅阐述了重建技术原则、手术指征和手术策略，还介绍了各位学者自己丰富的经验、独到的观点和具体的建议。它体现了著者严谨的科学态度，具有很强的科学性、实用性和指导性，是骨科和神经外科临床医生不可多得的参考书。

我们作为上颈椎与颅脊交界外科领域的积极实践者，有幸应北京大学医学出版社之邀翻译此书。作为国内首部该领域中文版译著的译者，我们既感荣幸，也深知责任之重大。故在欣然允诺之后，不敢稍有延怠，迅速组织分工，耗时 5 月余，终有所成。我们秉承“信、达、雅”的原则，希望可以达成既忠实于原文、又通顺易懂的效果，但翻译水平有限，专业知识和经验不足，谬误和疏漏在所难免，敬请各位专家同道不吝赐教，并加以斧正，不胜谢忱！

夏 虹 尹庆水 吴增晖

2014-11-1

原著前言

脊柱是维持人体直立和在中枢神经系统与周围运动器之间传递信息之脊髓的“支架”。如果没有良好的信号传导，没有完整的“支架”，人类将无法自如行走。自 20 世纪以来，众多外科医生日益关注失稳脊柱的重建以及对脊髓传导神经信号的改善。颅脊交界区是指头颅与脊柱的连接区域，不仅起到结构性支撑的作用，还承担了颈部活动的功能。

既往骨科医生和神经外科医生在治疗脊柱疾患时往往各自为政，鲜有共同合作的经历。前者对脊柱这一“支架”的结构和功能更感兴趣，而后者更关心脊髓传递信息的质量和减压效果；前者拥有完美的重建和融合技术，后者则精通显微脊柱外科减压技术。但他们都不能忽视各自的不足，对于想要下地行走、享受高质量生活的脊柱疾病患者而言，两种技术都是必不可少的。多节段减压手术可能导致脊柱失稳，因而良好的解剖对线和稳固的结构支撑是非常必要的。那个只羡慕完美重建手术而不考虑神经结构，抑或是仅重视显微外科减压而不考虑良好结构支撑的时代已经结束了。脊柱外科手术在过去 30 多年发展迅速，在以往视为禁区或危险的区域，如今术者能够进行安全有效的操作。影像学手段、手术器械、外科植入物、术中监测以及麻醉技术的发展，更令脊柱外科技术如虎添翼，手术安全性和临床疗效大为改善。目前新一代的脊柱外科医生正在逐步消除脊柱结构和神经系统之间的人为界限。

日常工作中，我们经常要处理一系列常见的脊柱疾患，但其实这无疑要经历一个较为复杂的诊治过程，即使是脊柱护理，也同样需要专业的专业知识、技巧和设备。

对于一些特别专业的问题，诸如先天性胸腰椎畸形矫形手术、脊髓病变神经外科显微手术等，在我们看来，属于脊柱外科和神经外科各自研究的范畴；而另外一些基于脊柱创伤、退行性疾病、肿瘤和炎症等其他可手术治疗的脊柱疾病则属于“普通脊柱外科”的研究范围，亦未收入本书。

本书编写基于作者 300 余例上颈椎重建手术的经验，读者群既包括初涉该领域手术的医生，也面向已从事这些工作的术者，为他们提供上颈椎重建手术现有成果的综合信息，以及目前颅脊交界区疾患治疗选择的详细指南。

感谢 Petr Polda 的精美插图以及 Liberec 地区医院（Liberec Regional Hospital）放射科主任 Ladislav Endrych 博士提供的影像学图片。最后要感

谢 Jan Hradil、Vladimir Benes、Pavel Buchvald、Radek Frič（目前在奥
陆国家大学医院）、Pavel Barsa、Robert Frohlich、Lubomir Jurak、Miroslav
Kaiser 和 Radim Brabec 医生对本书的重要贡献，他们的不懈努力体现了
Liberec 神经外科的团队精神。

Liberec, Czech Republic Petr Suchomel
Cincinatti, Ohio, USA Ondřej Choutka

缩略语

AAD	Atlantoaxial dislocation	寰枢椎脱位
AADI	Anterior atlantodental interval	寰齿前间隙
AAI	Atlantoaxial instability	寰枢椎不稳
AAOA	Atlantoaxial osteoarthritis	寰枢骨关节炎
AARF	Atlantoaxial rotatory fixation	寰枢椎旋转固定
ABC	Aneurysmal bone cyst	动脉瘤样骨囊肿
ACDF	Anterior cervical discectomy and fusion	颈前路椎间盘切除融合术
AOD	Atlantooccipital dislocation	寰枕关节脱位
ASA	Anterior spinal artery	脊髓前动脉
BAI	Basion-posterior axial line interval	颅底 - 枢椎后缘间隙
BDI	Basion-dental interval	颅底 - 齿突间隙
CCI	C1-condyle interval	C1- 枕骨髁间隙
CTA	CT angiography	CT 血管造影
DRA	Dynamic reference array	动态参考阵列
EEA	Expanded endonasal approach	扩大鼻内入路
ETO	Endoscopic transcervical odontoidectomy	经颈内镜下齿突切除术
GCT	Giant cell tumor	巨细胞瘤
IAAD	Irreducible atlantoaxial dislocation	难复性寰枢椎脱位
IAR	Instantaneous axis of rotation	瞬时转动轴
iMRI	Intraoperative MRI	术中 MRI
IOM	Intraoperative electrophysiological monitoring	术中电生理监测
Iso-C	Isocentric C-arm	等中心 C 臂
LCH	Langerhans cells histiocytosis	朗格汉斯细胞组织细胞增多症
LTA	Ligamentum tubercle avulsion	韧带结节撕脱
MDCT	Multi-detector row CT	多排螺旋 CT
MEP	Motor evoked potential	运动诱发电位
MRA	Magnetic resonance angiography	磁共振血管造影
MRI	Magnetic resonance imaging	磁共振成像
MVA	Motor vehicle accident	机动车辆事故
NPV	Negative predictive value	阴性预测值

NSAID	Nonsteroidal antiinflammatory drug	非甾体抗炎药
OCF	Occipital condyle fracture	枕骨髁骨折
OS	Osteogenic sarcoma	成骨性肉瘤
PADI	Posterior atlantodental interval	寰齿后间隙
PICA	Posterior inferior cerebellar artery	小脑后下动脉
PMA	Posterior meningeal artery	脑膜后动脉
PMMA	Poly-methyl-methacrylate	聚甲基丙烯酸甲酯
PSA	Posterior spinal artery	脊髓后动脉
RA	Rheumatoid arthritis	类风湿关节炎
rIGS	“Real time” image-guided surgery	实时影像引导手术
SAC	Space available for the spinal cord	脊髓可用空间
SAS	Space available for screw	螺钉可用空间
SCM	Sternocleidomastoid muscle	胸锁乳突肌
SOMI	Sternal occipital mandibular immobilizer	胸骨 - 枕骨 - 下颌骨固定
TAL	Transverse atlantal ligament	寰椎横韧带
TBI	Traumatic brain injury	外伤性颅脑损伤
VAAII	Vertical atlantoaxial instability index	纵向寰枢椎不稳指数
vIGS	Virtual image-guided surgery	虚拟影像引导手术

(白朝晖 译 夏 虹 审校)

目 录

第一部分 解剖学、生物力学和放射影像学

第 1 章 外科解剖学·····	2	第 3 章 特殊影像学·····	18
第 2 章 生物力学评述·····	13		

第二部分 重建技术原则

第 4 章 手术入路·····	32	第 6 章 上颈椎和颅脊交界区特殊重建技术··	51
第 5 章 重建技术的基本原则·····	44	第 7 章 虚拟和实时导航技术·····	100

第三部分 手术指征和重建实例

第 8 章 创伤性寰枕关节脱位·····	112	第 16 章 创伤后畸形 ·····	181
第 9 章 枕骨髁骨折·····	117	第 17 章 非特异性炎症 ·····	188
第 10 章 寰椎骨折 ·····	122	第 18 章 类风湿关节炎 ·····	194
第 11 章 齿突骨折 ·····	133	第 19 章 肿瘤 ·····	204
第 12 章 枢椎椎弓根骨折 (Hangman 骨折) ·····	145	第 20 章 先天性与发育性畸形 ·····	237
第 13 章 混杂类型的枢椎骨折 ·····	160	第 21 章 退变性疾病 ·····	247
第 14 章 枢椎多处骨折及寰枢椎联合骨折 ···	171	第 22 章 手术失败 ·····	253
第 15 章 成人急性创伤性寰枢椎脱位 ·····	177	索引·····	258

第一部分 解剖学、生物力学和放射影像学

第 1 章 外科解剖学

P. Suchomel, O. Choutka, P. Barsa

外科解剖学的目的是为了“避免纯形态学”的描述，重点研究病理条件和手术入路下的重要结构。

在对骨结构系统解剖学的研究中，我们必须认识到数据来源的重要性。显然，解剖学数据存在性别差异（如女性的相关数值更低），种族和年龄等因素也同样影响解剖变异。例如，由于人群身高的关系，亚洲人群所呈现出的数据整体偏低；早期的解剖数据较近期轻度偏低，则是由于在较长一段时期内人群平均身高增加所致。差异还可能源自研究设计，CT 数据测量往往是在其他脊柱部位遭受创伤的年轻个体上进行，而尸体数据测量通常取自椎体可能偏小的老年人或患病个体。总之，精确的描述性解剖数据只适用于给出解剖学比例关系，绝对性数值应谨慎使用，不能盲目用于个体患者。

只有对每个患者进行确切的影像学检查和精准的测量，才能获得纯粹的解剖学信息。骨性结构目前可通过 CT 三维重建技术清晰展示，软组织（脊髓、椎间盘及韧带）状态可借助磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）加以了解，血管结构则可通过 CT 血管造影（CT angiography, CTA）和（或）磁共振血管造影（magnetic resonance angiography, MRA）得以清楚显示。X 线平片检

查是一个很好的初筛工具，但在手术规划中帮助不大。现代外科解剖学应当具备全面、综合、操作性强的特点，人们在日常工作中可按照指南进行操作，并证实数据的准确性。本章中我们提供有关颅脊交界区的外科解剖学指导。

1.1 骨性结构

1.1.1 枕骨

由于后鳞部经常被用作枕 - 颈重建中的颅骨锚定点，因此认识枕骨（occipital bone, CO）的解剖非常重要。枕骨大孔是颅骨的出口孔，是手术经常涉及的部位；枕骨髁是唯一连接脊柱与颅骨的关节突起；前方的斜坡也是减压和重建手术经常涉及的部位。

1.1.1.1 枕鳞

这部分枕骨具有外凸表面，在颅脊交界区背侧入路下可以直视。从外科角度来看，无论是骨的厚度，还是颅内静脉窦、神经组织与外部标志的对应关系，对枕骨而言都具有至关重要的意义。

术中可见的外部标志较少——上项线和下项线、枕外隆凸、枕外正中嵴和枕骨大孔缘。上项线位置变异较大，不能准确反映横窦的内部位置；窦汇与枕外隆凸对应关系更加一致^[47]。根据 Nadim 等的研究^[39]，避免横窦和窦汇损伤的安全区域位于枕外隆凸和上项线下方 2 cm 以外。枕外隆凸部位骨最厚，向四周呈放射状变薄^[11,61]。大多数作者描述白种人群男性枕外隆凸厚度约为 15 mm、女性约为 12 mm，但小脑半球区骨厚度大约只有

P. Suchomel (✉), P. Barsa
Department of Neurosurgery,
Neurocenter, Regional Hospital Liberec,
Husova St. 10, 46063 Liberec, Czech Republic

O. Choutka
Department of Neurosurgery,
University of Cincinnati College of Medicine,
231 Albert Sabin Way,
Cincinnati, OH 45267-0515, USA

6 mm 或更小^[11,14,42]。8 mm 枕鳞螺钉置入的安全区域为枕外隆凸外侧 2 cm 并向下变窄的区域。因此,在枕外隆凸下 1 cm 处,安全区域仅为中线旁 1 cm 内;而在枕外隆凸下 2 cm 处,安全区域缩窄至中线旁 0.5 cm 内(图 1.1)。骨最薄处(有时<1 mm)位于下项线和枕骨大孔间正中线外侧^[47]。外板皮质区占骨厚度的 45%,而内板皮质只占 10%^[61]。

实用小结:骨质最厚的部位位于上项线和枕外隆凸周围,并沿枕嵴正中线分布,但需注意避免损伤该区域的颅内静脉窦。每位拟行枕骨固定的患者均需通过术前 CT 准确了解骨的厚度及主要静脉窦的位置。

1.1.1.2 枕骨髁

枕骨髁的形状和大小各异。通常情况下枕骨髁呈肾形,两面凸起,是位于枕骨大孔前半部略为内倾的骨性结构。两髁后部之间的平均距离为 41.6 mm、前部为 21 mm^[38]。

枕骨髁的平均长度为 23.6 mm (15 ~ 30.6 mm)、宽度为 10.5 mm (6.5 ~ 15.8 mm),高度为 9.2 mm (5.8 ~ 18.2 mm)^[28,29,36,38]。

两髁在横断面上呈 50° ~ 60° 夹角,在冠状面(寰枕关节角)上呈 124° ~ 127° 夹角^[29]。成人单个枕髁轴线与中心线成角平均为 30° (10° ~ 54°)^[36,38]。

舌下神经管在枕骨髁前外侧轴向 45° 位置横行穿过其基底部上方骨质,行程略向上倾,自舌下神经孔至髁下缘之间的平均距离为 11.5 mm^[36]。舌下神经管本身长 6.2 mm,呈卵圆形,内径为 4 mm^[28]。

颈静脉孔及其重要内容物(颈静脉,第 IX、X、XI 脑神经)位于枕骨髁前外侧 12 ~ 25 mm 处。

剥离枕髁外上部背侧边缘时可见髁导静脉。颈动脉常位于枕骨髁前皮质前外侧 5 mm 以外^[28]。枕骨髁在 6 岁前被枕内软骨联合分为前、后两个部分,有些人直至成年仍保留双关节面。第 3 枕骨髁(condylus tertius)是斜坡远端第 4 生骨节的下软骨弓骨化遗迹形成、偶尔在 C1 椎弓前方和上方发现的单块或多块小骨。

实用小结:枕骨髁的长度(约 20 mm)通常是宽度(约 10 mm)的 2 倍,向内倾 20° ~ 30°。鉴于其变异性大,每个病例均需行 CT 扫描,以明确其形状、方向、大小以及与邻近结构的关系。

1.1.1.3 斜坡

斜坡的上部属于蝶骨,而下部属于枕骨的基底部。在男性 16.5 岁(13 ~ 18 岁)、女性 14.4 岁(12 ~ 15 岁)之前,这两部分被蝶-枕软骨联合分开^[50]。中间的骨缝允许颅骨生长和发育矫正。正常成人的斜坡长度为 4.5 cm (3.7 ~ 5.2 cm),其中枕骨基底部长约 3.1 cm (SD = 0.3 cm)。在枕骨发育不良的情况下,基底部可短至 1.7 cm^[29]。斜坡的较厚部分属于松质骨,位于前上方;较薄的部分仅由皮质骨构成,位于枕骨大孔区域。通常外板皮质骨较内板皮质骨更结实、更厚^[29]。

实用小结:斜坡的形状和尺寸在发育异常情况下可能出现多种差异。作为紧密连接颅骨的部分,术中可使用颅骨测量数据进行导航。

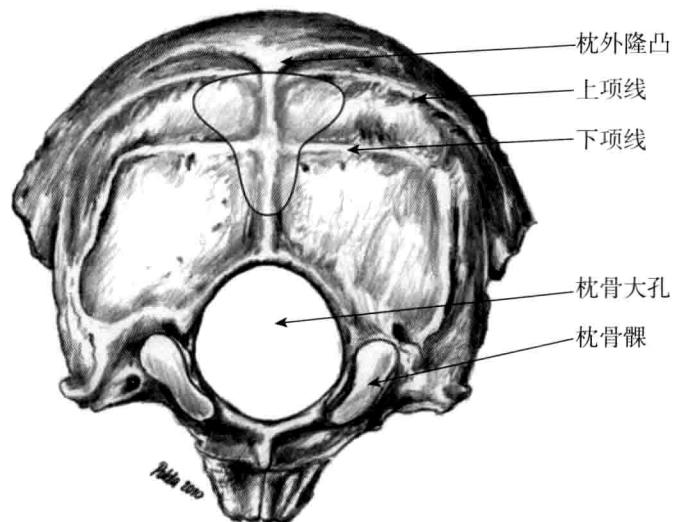


图 1.1 枕骨外表面及枕鳞螺钉植入安全区示意图

1.1.2 寰椎 (C1)

寰椎是一个环形的、无椎体和椎间盘附着的特殊椎骨，由较短的前弓和较长的后弓连接两个侧块构成 (图 1.2)。寰椎的解剖完整性对于颅脊交界区稳定和头部运动至关重要。

在早前欧洲有关寰椎的研究中发现，男性前后结节的外径 (长度) 平均为 46.3 mm、女性为 43.2 mm。男女性的外横径 (宽度) 分别为 83 mm 和 72 mm^[6]。后来 Doherty^[7] 对 80 例欧洲人的 C1 标本进行精确测量，总体上与早期数据吻合：寰椎平均外径长度为 45.8 mm (SD = 2.9 mm)、外径宽度为 78.6 mm (SD = 8.1 mm)，内径宽度为 32.2 mm (SD = 2.3 mm)、内径长度为 31.7 mm (SD = 2.2 mm)。Kandziora 对 50 具干燥标本的测量^[25] 以及后来 Rocha 对 20 例颈椎的电子测量^[48] 都得出了类似结果：寰椎是内径最宽的椎骨，内径长宽分别为 32.6 mm (29.6 ~ 36.4 mm) 和 29.7 mm (25.7 ~ 32.2 mm)^[48]；作为韧带附着点，横韧带结节位于侧块的内侧壁；Rocha 测得的内结节间距是 22.9 mm (18.7 ~ 27.9 mm)^[48]。已发表的最大样本的解剖数据研究是由 Christensen 完成的^[4]，对

120 例特定美国人群 (平均年龄 52.9 岁，平均身高 169.7 cm) 的寰椎干骨采用电子游标卡尺进行测量，外径宽度为 75.61 mm (SD = 5.94 mm)、长度为 45.67 mm (SD = 3.61 mm)。

前弓结构坚固，前结节位于正中线上，前结节通常在侧位平片上可见，术中特别是器械固定时往往被作为解剖学和影像学标志。

前弓内侧壁与齿突连接处形成小关节面 (齿突凹)。前环高度 15.4 mm (SD = 3.2 mm)^[7]、长度 30 mm^[25,29]、中线处厚度 6 mm^[4]，是整个 C1 皮质骨中最厚的部分，可以满足生物力学载荷的需要。

后弓较长，通常占 C1 周长的 2/5，由于存在椎动脉水平段走行的骨沟而较薄弱。在整个椎体中，后弓皮质最薄^[7]。正中线上后弓高为 9.58 mm (SD = 2.26 mm)，厚度为 7.82 mm (SD = 2.64 mm)^[4]，在椎动脉沟区域高度为 4.5 mm (4.3 ~ 6.1 mm)^[48]，后正中结节和椎动脉沟最内侧面之间的距离约为 15 mm^[37,48]。

侧块实际上是寰椎骨体积最大的部位，形成 4 个关节面。上关节与下关节在形状和尺寸上都有所不同。中部平均长 16.82 mm (SD = 1.0 mm)、

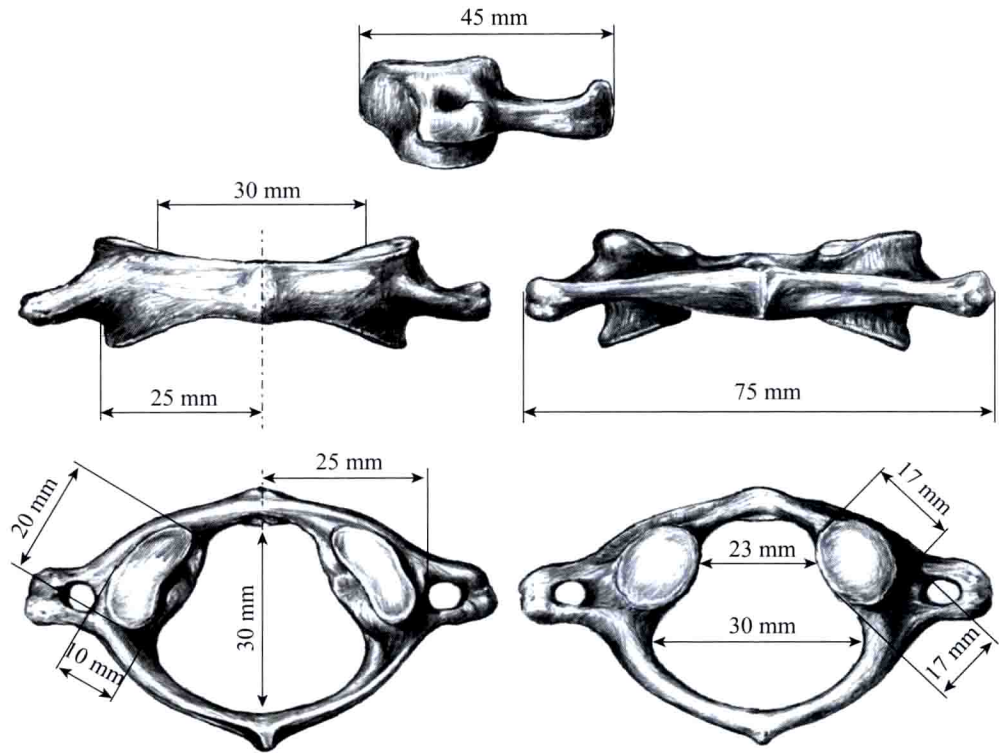


图 1.2 标有实用性简化参数的 C1 示意图

宽 16.06 mm (SD = 0.91 mm)、高 15.68 mm (SD = 0.98 mm)^[51]。侧块在冠状面呈斜向内倾斜的锥形,在矢状面呈向后倾斜的楔形。内侧壁高 11 mm (SD = 1.21 mm)、外侧壁高 22 mm (SD = 1.89 mm)^[25],平均前高为 18.5 mm (SD = 2.38 mm)、后高为 10.2 mm (SD = 2.0 mm)^[11]。

上关节面向内侧倾斜,呈椭圆形凹向上(肾形),大约 20 mm 长、10 mm 宽^[4,29,56]。其形状和大小与枕骨髁的关节面自然吻合。冠状面上其与下方小关节面重合,有时因发育原因可能分为 2 个接触面;水平面上测得其与中线的夹角为 22.4° (SD = 1.52°)^[25]。

下关节面呈较为平坦的圆形,面积较上关节面小,一般长 17 mm (14 ~ 23 mm)、宽 17 mm (14 ~ 23 mm)^[11,13,29,32]。其与后弓之间的支柱常用于固定螺钉。“操作窗”高度 3.6 mm (2.13 ~ 4.09 mm)、宽度 9.5 mm (6.98 ~ 13.34 mm)^[15]。在对非印度人群的研究中参数值范围更大,平均高度为 4.5 mm (4.1 ~ 6.1 mm)^[48,51]。

正常而言,横突上有椎动脉穿过的横突孔。其直径和位置变化较大,可从前外侧方打开。在 C1 动脉沟处约 15.6% 的椎动脉(图 1.3) 部分或全部由骨覆盖(弓形孔),形成一个所谓的“后桥”^[20,30,60]。这一结构在骨膜下 C1 椎板显露和 C1 侧块螺钉置入时非常重要,如假设椎板够宽而错误设计进钉点,则可能导致椎动脉损伤。横突内缘至中线的距离大约为 25 mm^[19,25,54]。



图 1.3 C1 的弓形孔和 C2 高跨椎动脉 (VA)。矢状 CT 重建图片。注意断裂的横突螺钉 (来自另一科室的翻修病例)

实用小结: 寰椎平均外径宽度约为 75 mm、长度约为 45 mm、前后内径通常为 30 mm。前弓是其中最强的骨结构,约 30 mm 长、15 mm 高、6 mm 厚。后弓是寰椎环最薄弱的部分,中央高度约 10 mm,椎动脉沟处仅为 5 mm 甚至更小。侧块在矢状面和冠状面上呈楔形。上关节面长约 20 mm、宽约 10 mm,轴向角内偏 20° ~ 30°;下关节面为圆形,直径为 17 mm。后弓下方的侧块支柱呈矩形,形成 1 个 4.5 mm 高、10 mm 宽的矩形操作窗,可用于置钉操作。横突孔内的椎动脉距中线约 25 mm,但椎动脉沟处的椎动脉距中线仅 15 mm。

1.1.3 枢椎 (第二颈椎, C2)

第二颈椎也具有独特的椎体结构。它由椎体和向上凸起的齿突构成,齿突与 C1 前弓的后面形成关节(图 1.4)。椎体与侧块借短粗的椎弓根相连。上下关节突之间的侧块柱称为关节间部,其最狭窄的部位称为峡部。横突孔的形态和大小变异较多。一般来说, C2 的后弓与其他下颈椎的椎弓相似,但形态稍大。棘突末端通常分叉。齿突的前面、顶端及椎体前面的皮质骨非常厚,特别是在前正中嵴区域,被 Doherty 命名为“岬”^[17]。该区域皮质骨厚度约为 1.7 mm,而齿突两侧、后部以及椎体表面仅被 1.0 mm 或更薄的皮质骨覆盖。齿突内部由小梁骨形成,主要是为了抵抗来自前后和侧方的力。上关节面到下方骨性终板之间呈扇形分布的强壮骨小梁有助于承受和传递轴向载荷;骨密度最小的是齿突基部下方的椎体^[17]。枢椎外部宽度为 56 mm (48 ~ 69 mm)^[25],长度约为 55 mm。

椎体通过椎间盘与 C3 相连。C2 终板的形状在矢状位后凹,且前缘显著突出。该缘到齿突基底部的平均距离是 22 mm (17 ~ 31 mm)^[25]。椎体下方宽度为 18 ~ 19 mm,前后径为 15 ~ 17 mm^[25,27,59];这两个数据均较椎体上方小,因此 C2 椎体下缘椎管前后径 (14.8 mm) 亦小于齿突附着平面的前后径 (17.35 mm)^[59],椎管平均宽度 21.6 mm,不随椎体高度的变化而改变^[59]。

齿突基部(腰部)的直径通常比中部小。齿突是由较厚的皮质骨包绕内部的松质骨而成,内径达 4.3 ~ 6.2 mm^[18],一般长 20 mm (15 ~ 25.4 mm),相

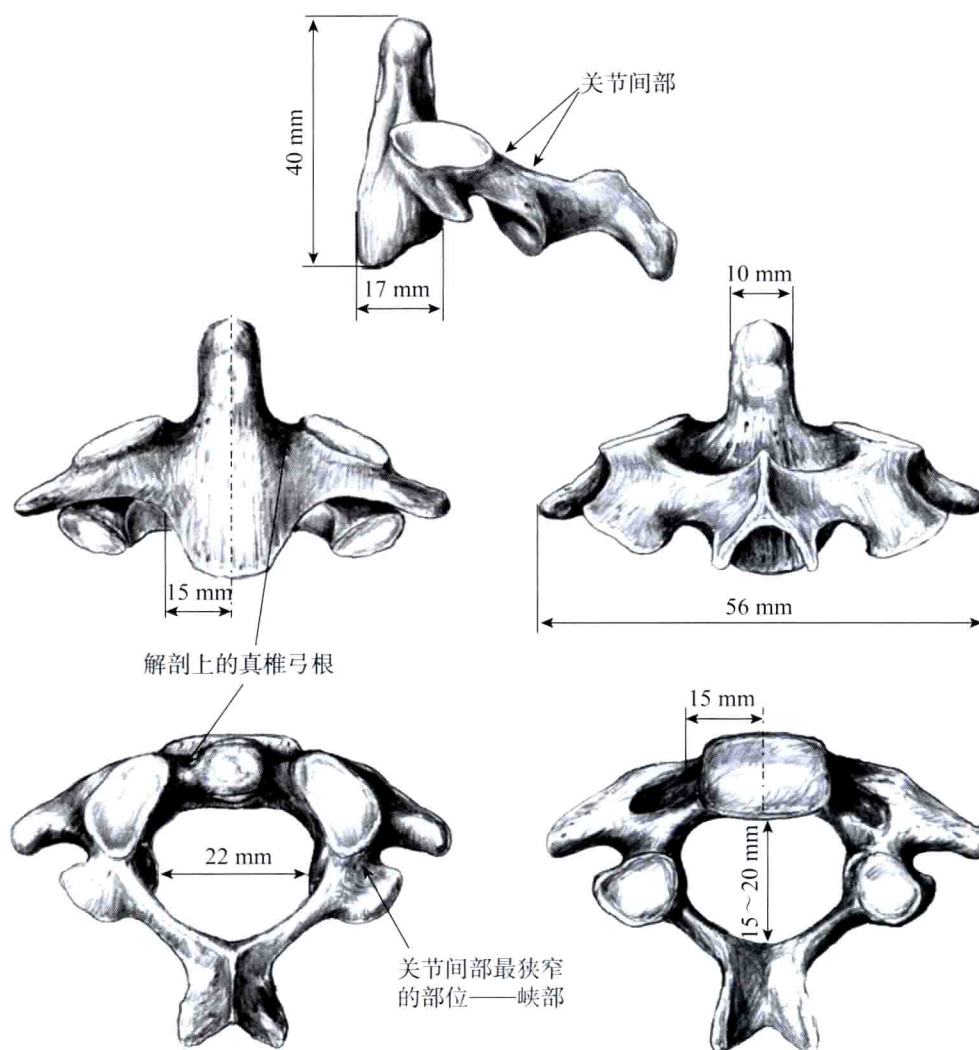


图 1.4 标有实用性简化参数的 C2 示意图

对于终板向后倾斜 64° ^[25,59]。其前表面与寰椎形成 1 个关节，基部（腰部）直径约 9 mm (7.8 ~ 14.1 mm)，最大可达 11 mm (8.4 ~ 14.1 mm)^[25,59]。

C2 椎弓根非常短，负责连接椎体和侧块，是颈椎中最结实、最宽的椎弓根，与矢状面呈直角。从手术角度来看，椎动脉水平的横向椎弓根直径最具临床价值，约为 6.4 mm (2.09 ~ 13.2 mm)^[35]。

侧块为上下关节面之间的斜形柱状结构，是螺钉可能置入的重要部位，解剖类文献中通常被称为关节间部。椎动脉沟最狭窄的部位称为峡，侧块柱则因为峡部的存在而或多或少地变细。

尽管上述命名能够准确对应脊柱其他区域的相应部位，但我们在引用文献，甚至是广为接受的作者文献时仍然要小心^[11,26,31,33,34,46,53,59]，他们通常把关节间部描述为 C2 椎弓根，该部位内倾

35.2° ($29^{\circ} \sim 41^{\circ}$)、头尾侧倾 38.8° ($22^{\circ} \sim 52^{\circ}$)^[21]。在横突孔水平，峡部的宽和高分别是 7.9 ~ 8.6 mm 和 6.9 ~ 7.7 mm^[59]；然而，18% ~ 23% 的患者至少有一侧 < 3.5 mm^[23,45,46]。

上关节面向外上微凸，形状和大小与 C1 下关节突一致。在冠状面外倾角约为 24° ^[25]。关节面的长度和宽度相似，与性别、椎体大小有关，约为 17 mm^[25]。非典型的关节面则直接起于 C2 椎弓根侧方。

下关节面是一个典型的、前向的枢椎下关节表面，与 C3 构成关节。

C2 椎弓是颈椎中最强壮的椎弓，通常含松质骨较多，可容纳直径 3.5 mm 的椎板螺钉。椎板的平均厚度为 5.77 mm (1.35 ~ 9.77 mm)^[3]。Xu 等^[58]在 37 具成人标本上测得 C2 椎板高度 11.2 mm (SD

= 1.1 mm)、单侧长 15.6 mm (SD = 1.2 mm)、平均厚度 4.3 mm (SD = 0.9 mm)。两侧椎板长度之和称为椎板宽度, 夹角为 99.1° (SD = 8.0°), 是脊柱最狭窄的部位; 椎板下倾角为 111.7° (SD = 9.3°)。棘突同样也是一个坚固的结构, 为枕骨下三角肌肉和项韧带等重要结构提供附着点。

横突孔包绕椎动脉, 具有非常重要的手术意义。通常, 椎动脉垂直进入距正中线 15 mm 的 C2 横突孔, 向颅底走行过程中外偏 45° , 向上环绕横突后到达垂直位的 C1 横突孔。在 80% 的人群中, 椎动脉急剧外转进入 C2 的椎动脉沟, 使峡部具有足够的骨质置入经峡螺钉或经椎弓根螺钉。椎动脉弯曲部位正好位于 C2 上关节突下方, 偶尔会比预计的更偏上、更靠近背侧或中间, 进而直接影响关节间部和椎弓根的大小。在颅颈手术中, 高达 23% 的患者至少一侧出现这种“高跨 VA”的现象^[34,40,45]。尽管如此, 骨性椎动脉管和孔显然都不能代表真实的动脉外径^[2,35], 动脉周围有静脉丛、结缔组织和骨膜组织, 这一结构允许置钉过程中有一定程度的孔破坏。

实用小结: 枢椎的平均外部宽度约 56 mm、长 55 mm; 前后内径从 C2/3 椎间盘水平的 15 mm 增加到齿突基底水平的 17 mm; 内横径相对较恒定, 约为 22 mm。齿突平均直径为 10 mm, 与 C2 终板水平约呈 60° 后倾角, 与水平面呈 10° 夹角。从 C2 椎体下缘前嵴到齿突顶部的距离约为 40 mm (女性较短)。C2 椎体前后径向上逐渐减小。峡部直径为 7 ~ 8 mm, 但 18% ~ 23% 的患者此部位因存在高跨椎动脉而更加薄弱。

1.2 韧带和关节

上颈椎和颅脊交界区之间的韧带连接非常复杂 (图 1.5), 能为人类提供最复杂的运动方式。寰枕和寰枢关节总是以一种同步的方式协同运动。上颈椎结构独特, 是整个脊柱中最灵活的部位, 没有椎间盘和黄韧带, 其运动不仅受到椎骨形状的限制, 更多的是受到坚强韧带的限制。

枢椎与枕骨牢固结合, 寰椎相对自由地浮在二者之间。

与枢椎下方椎弓间黄韧带相比, 寰枕与寰枢后部的薄膜结构较为薄弱。前纵韧带与下颈椎的椎体连接疏松, 但其与每个节段的纤维环紧密连接, 最终止于寰椎前结节。前部的寰枕膜结构代替了寰椎与斜坡间的前纵韧带。

C2 椎体和齿突后面由覆膜覆盖, 覆膜实为后纵韧带在颅部的强韧延续。在头侧, 覆膜止于斜坡并向侧方延伸至舌下神经管; 在尾侧, 覆膜连接 C2 椎体并向下移行进入后纵韧带。作为整个复合体中最强大的韧带, 寰椎横韧带 (transverse atlantal ligament, TAL) 附着于寰椎侧块内面的骨结节上, 是保持寰枢关节移动稳定性最重要的结构。横韧带高 10 mm、厚 2 mm、平均长度 23 mm^[29,48]。附着于 C2 椎体后面与枕骨大孔前缘的纵行纤维束与 TAL 共同构成寰椎交叉韧带。枢椎与枕骨间还借助其他 3 条韧带相连。齿突尖韧带可能是脊索的遗迹, 它连接齿突尖与枕骨大孔前缘; 这条相对较弱的韧带束前倾 20° 走行, 约 8 mm 长、2 ~ 5 mm 宽^[29,43,44]。对称的翼状韧带在齿突尖外侧与枕骨髁内面之间延伸, 这些长 10 mm

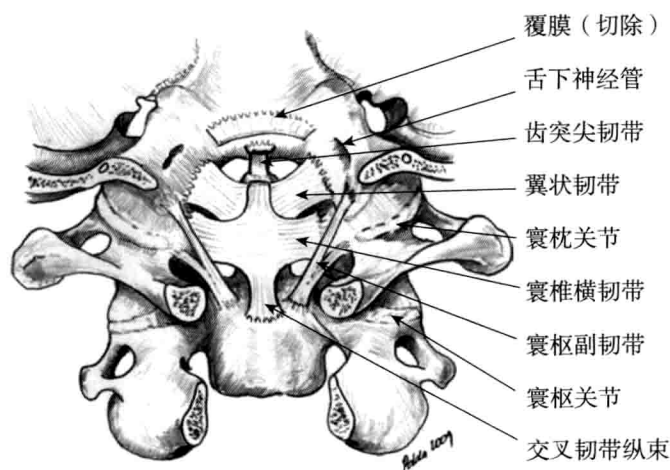


图 1.5 上颈椎韧带结构示意图 (内部后视图)