



口腔医学精品丛书

KOUQIANG YIXUE JINGPIN CONGSHU

口腔基础医学

KOUQIANG JICHU YIXUE

主审 王翰章 主编 李 伟

 科学技术文献出版社

口腔医学精品丛书

口腔基础医学

主 审 王翰章

主 编 李 伟

副主编 陈 宇 郝玉庆 李晓箐

编 者 (按姓氏笔画为序)

王翰章 王艳民 孔祥丽 冯 云

李 伟 李 燕 李晓箐 肖丽英

肖晓蓉 何永红 何 嘉 张 平

陆峻君 陈 宇 陈治清 陈谦明

陈新民 易新竹 周学东 赵 青

赵志河 郝玉庆 耿 宁

校 对 张凌琳

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

口腔基础医学/李伟主编. -北京:科学技术文献出版社,2011.6

(口腔医学精品丛书)

ISBN 978-7-5023-6540-0

I. ①口… II. ①李… III. ①口腔科学 IV. ①R78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 232669 号

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038
图书编务部电话 (010)58882938,58882087(传真)
图书发行部电话 (010)58882866(传真)
邮 购 部 电 话 (010)58882873
网 址 <http://www.stdph.com>
E-mail:stdph@istic.ac.cn
策 划 编 辑 薛士滨
责 任 编 辑 陈家显
责 任 校 对 唐 炜
责 任 出 版 王杰馨
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 富华印刷包装有限公司
版 (印) 次 2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
开 本 889×1194 16 开
字 数 484 千
印 张 18.25
印 数 1~2000 册
定 价 48.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。



前言

口腔基础医学不仅是学习口腔临床医学的基础,也是带动口腔临床医学发展的动力。口腔基础医学通过解决口腔疾病的基础性问题,为临床治疗提供理论基础和治疗新方法。因此,深入了解口腔基础医学的内容,对理解口腔疾病的发病机制和治疗原理大有裨益。

30年前,口腔基础医学的主要内容几乎只涵盖口腔组织病理学和口腔解剖生理学两部分,随着科学的发展和研究的深入,逐渐发展成为口腔生物化学、口腔分子生物学、口腔微生物学、口腔免疫学、口腔生物力学、口腔材料学等一批新兴学科,使口腔基础医学得到极大丰富和充实,口腔基础医学也逐渐成为活跃在医学科学领域内的重要学科之一。

我国口腔基础医学的教学和研究大约从20世纪初开始,相关内容陆续被作为口腔医学本科生和研究生教材,迄今已历经100年。其间经历代老师们的辛勤努力,使得本课程教学内容不断扩展,学习资料逐步翔实。课程内容从初期的口腔组织病理学和口腔解剖生理学开始,到目前涵盖口腔生物化学、口腔分子生物学、口腔微生物学、口腔免疫学、口腔生物力学、口腔材料学等口腔组织病理学和口腔解剖生理学等,内容丰富,已成为一门教学内容全面的重要口腔医学课程。此次在各位老师的积极努力和精心总结下,我们以原讲义和书籍为基础重新编撰了这本《口腔基础医学》,以作为口腔医学本科生、研究生和有关口腔医学工作者的学习用书及教学参考书。希望它对大家的学习和工作有所帮助。同时,也请读者提出宝贵的意见和建议,以便我们在下一版修订时参考。

李 伟

第1章

绪 论

21 世纪是生命科学、信息科学和材料科学三大前沿科学的时代,他们的突破全面地带动了各传统学科的发展,使传统科学进入到一个新的纪元。三大前沿学科的研究成果对传统学科的渗透提高了传统学科的研究手段并解决了许多过去无法解决的问题。近年来,由于传统的医学研究模式已经不能满足现代学科发展的需要,学科交叉和利用先进的科学手段研究医学领域的疑难问题已经成为发展的趋势,信息技术、分子生物学技术、组织工程技术、纳米技术和新材料技术等与口腔医学领域的交叉和融合越来越广泛及深入,使口腔医学相关学科迅速发展。为了提高牙齿的保存率,降低失牙率,利用现代生物学、组织工程学、信息技术、新材料对牙齿保存与再生进行系统研究,是目前国内外最新的研究方向。国外口腔医学科学研究已经开始大量涉足这些领域并取得了大量的新成果。可以预见在不久的将来,口腔医学领域将面临一场新的技术革命。目前,国际口腔医学界呈现出以现代基础科学和口腔医学领域的交叉结合,并形成新的研究热点,其最新研究热点主要集中在以下几个方面:

①新型口腔材料和纳米材料的基础及应用研究;

②人类口腔重大疾病——龋病、牙周病、牙颌面发育畸形等发病机制及防治新技术的研究;

③口腔组织工程与牙再生技术的探索;

④现代口腔生物治疗技术的研究;

⑤新型口腔疾病数字化诊断和治疗预测系统的开发等。

20 世纪以来,尤其是 20 世纪 50 年代以来,我

国口腔医学在引进西方牙科学的基础上,逐渐有了很大的发展。目前,我国已有 70 余所本科高等院校开设了口腔医学专业,为国家培养了数万名高级口腔医学科学研究与临床技术专业人才。近 10 余年来,各种现代生物学和医学研究技术快速渗透到口腔医学研究的各个领域。基因组学、蛋白组学与代谢组学、现代生物学与生物力学、免疫学与免疫组织化学、生物医学工程学与生物材料学、系统生物学与模式识别技术等研究方法,进一步提高了对牙体牙髓病、牙周病、黏膜病、口腔肿瘤、颌面部先天畸形、颌面部创伤及颌面部缺损再生等医学问题的认识,加大了在这些疾病的诊断、治疗和修复技术上的创新。

在口腔感染性疾病和口腔微生物学研究方面,应用了显微 CT 技术、激光扫描共聚焦显微镜技术、X 线衍射技术、X 线显微照相技术,以及电子探针、电子微区衍射能谱和高分辨率电子显微镜等手段,开展了自然龋和人工龋晶体结构的脱矿、再矿化以及天然药物对脱矿和再矿化干预机制的研究,发现了龋病的破坏是从轴柱中心开始,导致晶格点隙紊乱和原子消失之故,天然药物可以通过抑制脱矿和促进再矿化从而获得防止或减轻龋病发生的效果;采用单克隆抗体技术对变链菌 C 血清型活菌进行的抗变链菌单克隆抗体研究,为人工被动免疫防龋的研究奠定了基础;通过分离变链菌质粒,发现质粒 DNA 的消除可以使菌斑致龋力下降。采用分子遗传学 DNA 重组技术,成功地进行了米勒链球菌基因库的构建;应用激光扫描共聚焦显微镜技术、扫描电子显微镜技术和微生物分离鉴定技术等对

牙菌斑生物膜的研究,揭示了龋病发生发展的过程和原理,并为龋病早期有效防治提供了思考方向;应用单克隆抗体对牙周病损龈组织中 T 细胞亚群进行免疫组化分析,发现成人牙周炎组织中 T 淋巴细胞显著高于正常值。

在口腔黏膜病和口腔黏膜癌变机制研究上,运用分子生物学和细胞生物学技术对扁平苔藓的研究发现,细胞介导的异常免疫反应是重要发病机制;应用分子生物学技术对口腔黏膜癌变标志物进行寻找,发现钙黏素基因启动子的甲基化能够调节口腔鳞状细胞的钙黏素的转换,E-钙黏素连接的形成可调节鳞状细胞的增殖,并初步发现了一些口腔黏膜癌变早期的标志物。

在口腔颌面肿瘤的基础和应用研究方面,我国 1981 年建立了一株舌鳞癌细胞系 Tca₈₁₁₃。以后有颊黏膜鳞癌 BeaCD₈₈₅、腮腺样囊性癌 Ace₄、腮腺腺样囊性癌 Acc₂、舌下腺 SA_{cc83} 和腮黏液表皮样癌 MECL 等,获得了 ASC 抗舌鳞癌单克隆抗体。口腔癌癌基因的研究,证实在口腔癌中存在着 C-Ha-ras、C/Ki/ras 及 Cmyc 等癌基因。应用 DNA 扩增技术,证实 C-Ha-ras 癌基因第 12 位密码系的点突变,可能是口腔癌癌基因被激活机制之一。采用冷冻、激光、中药、微波加热联合化疗、瘤内及瘤周注射厌氧棒状杆菌联合化疗,对选择性治疗恶性肿瘤起到了较好的效果。

在颌面部畸形与矫治研究领域,完成了大量对非综合征性唇腭裂的病因和发病机制的研究工作,如妊娠初期高危因素与唇腭裂发生的关系,以地塞米松为致畸药物诱发远交系 NIH 系小鼠胚胎腭裂,对腭裂小鼠动物模型组织发育的微机图像分析,对组织细胞内环-磷酸腺苷及地诺前列酮浓度变化的 A 系腭裂小鼠腭、舌、下颌的影响等研究都取得了一定的成果;完成了地塞米松诱导腭裂发生小鼠动物模型的代谢组学研究,结果发现地塞米松诱导小鼠腭裂的发生可能是地塞米松的次级代谢产物作用所致;应用组织工程技术成功在体外完成牙胚生长和发育调控的研究;完成了分子生物学和细胞力学对牵张成骨技术的机制研究,并成功将牵张成骨技术应用于临床治疗并取得了良好的效果。

口腔生物力学研究的开展扩大和深入了对口腔正畸矫治力以及对牙颌面组织作用的研究。利

用全息激光干涉法对快速扩大牙弓、外支抗和口外力作用的矫治力在颅骨各部位的应力分布、以光弹实验技术和有限元分析法分析在加载矫治力后牙在牙周组织内移动过程中的应力分布,并进行定性、定量和图像分析,进一步提高了临床的矫治水平。由于固位方法的改进和新材料的出现,牙冠大面积缺损的修复有了很大的进步。应用光弹性应力分析方法发现,固定桥基牙牙槽骨的高度降低至正常高度 1/2 时,其牙周支持组织的应力显著增加,多基牙固定桥使基牙连为一整体,有多方制动作用,其应力分布对基牙十分有利。建立了多层次口腔生物力学研究理论与模型,提出从宏观生物力学、组织生物力学和细胞生物力学三个层次研究正畸矫治力的生物学效应,并进行了力学信号转化为生物学信号的机制探讨。

在口腔生物材料研究方面,研制出了生物活性玻璃陶瓷、羟磷灰石陶瓷、复合生物陶瓷、钛-羟磷灰石复合材料等。随着新型种植材料的开发、种植技术的改进、种植体形态和种植效应的研究,特别是种植体-骨界面的基础研究取得的重大成果。使牙种植技术在全世界范围内得到普遍开展并取得越来越高的成功率。全瓷修复材料的研究取得了重大的进展,氧化铝和氧化锆全瓷修复材料在临床上取得的成功,极大地提高了牙冠修复体的色彩和美观效果。黏合剂及复合树脂的研制取得了显著成果,研究开发出了如 EB、TM 化学固化复合树脂、SMC-1 化学固化双糊剂及 H-18 超微填料化学固化复合树脂,后牙用的高强度复合树脂、VLC-1 型可见光聚合树脂、SMV-1 型可见光复合树脂、PM 可见光聚合牙黏合剂、VLC-OA 正畸黏合剂、EM 釉质黏合剂、DPR 牙本质黏合剂等。

口腔基础医学是结合系统生物学、生物医学工程学、微生物学和现代基础医学、运用现代分析测试手段探讨口腔医学基础问题的一门科学。它涵盖了涉及口腔临床医学的诸多基础学科,如口腔生物学、口腔材料学、口腔生物力学、口腔解剖生理学和口腔组织病理学等。这些内容不仅是进入口腔临床医学的基础,也是推动口腔临床医学发展的动力。随着 21 世纪的到来,现代科学技术大量渗入到口腔医学的各个领域,将进一步促进口腔基础科学研究的发展,使一系列口腔疾病的病因和发病机

制得到深入认识,一系列新的治疗和修复技术得到开发和提高。因此,口腔医学的发展与现代科学技术研究紧密联系,口腔临床治疗水平的重大进步总是与这些领域的发展紧密相关。因此,口腔基础医学无疑是推动口腔临床医学发展的基础和动力。近年来,新型牙科全瓷修复材料、口腔种植材料、生物活性根管充填材料、牙周缓释药物制剂的研究和临床应用为口腔感染性疾病治疗、牙缺失和缺损的形态和功能恢复带来了全新的技术;口腔微生物和微生态学的发展将实现口腔感染性疾病新的预防及治疗模式的出现;口腔生物材料的研究将提供更新更完美的口腔修复材料;口腔黏膜癌变标志物的发现将为口腔癌早期诊断和预防提供有效的手段,特别是在不远的未来,随着牙再生器官工程的进展和成功,口腔医学将迎来一场真正划时代的重大革命。

我国口腔基础医学的起步和发展可以追溯到20世纪初。早在1911年,华西协合大学口腔医学专业的设立就开设了口腔基础医学相关的课程,1936年在我国华西协合大学成立的医牙研究室,开始了口腔医学相关的基础科学研究工作;1949年,

华西协合大学在医牙研究室基础上成立了口腔研究室。1958年,由四川省人民政府批准在四川医学院成立中国第一个口腔医学研究所;1989年,卫生部批准在华西医科大学建立卫生部口腔生物医学工程重点实验室;又在2002年经国家教育部批准四川大学建立口腔生物医学工程教育部重点实验室,2007年经国家科技部批准在四川大学建立口腔疾病研究国家重点实验室。从此,我国口腔医学领域有了第一个国家级重点实验室,成为我国口腔基础医学发展的一个重要标志。相继,我国北京大学、上海交通大学、第四军医大学、武汉大学等著名高等口腔医学院校也建立起了口腔医学研究所和实验室,并在口腔医学科学研究上取得了令人瞩目的成绩,成为世界口腔医学科学研究的重要组成部分。总的来说,最近10年,是我国口腔基础医学在历史上发展最快的时期。

21世纪是生命科学、材料科学和信息科学高速发展的时代,随着这些新兴学科对口腔医学的渗透和交叉,口腔基础医学也将在这场科学革命中获得重大的进步并给口腔临床医学带来飞速的发展。

(李 伟)

第2章

颅颌面的演化

地球上众多动物种系都是从共同的祖先经过漫长的岁月进化而来的,动物进化的基本规律是:从水生到陆生,从简单到复杂,从低级到高级,最后演化出了人类。

颅颌面的演化伴随着脊椎动物的整个演化历程,研究脊椎动物的演化一般从鱼类开始,其演化历程大致如下:

鱼类从原始的脊椎动物演化而来,鱼类的出现是无脊椎动物向脊椎动物演化进程中质的飞跃。最早的鱼类属于无颌鱼类,最古老的原始无颌脊椎动物是甲冑鱼,我国松花江现存的七鳃鳗就属于无颌鱼类。无颌鱼类分别向圆口类和颌口类演化,圆口类是最低等的脊椎动物,在志留纪出现了新兴的颌口类。颌口类具有能活动的上下颌(盾皮鱼是其代表),原始颌的产生使盾皮鱼的生存空间得到了拓展,开始向高级鱼类演化,出现了软骨鱼类和硬骨鱼类,硬骨鱼类进化为总鳍类和高等的硬骨鱼类(构成现今庞大的鱼类家族)。

两栖类由总鳍类演化而来,随后出现爬行类,爬行类家族庞大,根据颞区的开孔情况,爬行类可分为无孔类(anapsid)、颌窝类(synapsid)和双窝类(diapsid)。哺乳类由颌窝类爬行动物演化而来。学术界对鸟类的起源有一定的争议,中华龙鸟化石

的发现使鸟类的起源问题得以基本解决,现在认为:现代鸟类是小型兽脚类恐龙(爬行类)的后代,身上长满原始羽毛的奔龙(小型兽脚类恐龙)与鸟类的关系最亲近。

人类是从一支灭绝的古猿演化而来的,在从古猿到现代人几百万年的演化历程中,经历了南方古猿、能人、直立人、早期智人、晚期智人和现代人等过程。人类起源于动物界又超出动物界,人与动物最大的区别在于人能自然直立行走,能制造工具并有意识、有目的地改造自然界,与大自然协调发展。在人类的进化过程中,劳动和语言的影响十分重要,他们一起构成了促进人类发展的重要推动力。

人类的进化是多方面的,包括前进性的发展、特化和退化。人类颌面部结构和功能复杂,集中了有关视觉、听觉、嗅觉、语言、表情、呼吸、摄食的重要功能器官,所以说颌面部的进化是语言和其他重要功能产生的物质基础。在人类的进化过程中,口腔颌面部的复杂性和重要性是随着种系演化而逐步建立起来的,在观察和研究颌面部的演化时,不仅要着眼于某种结构的外部形态和功能,而且要注意其发生的来源和结构。因此,了解口腔颌面部的演化过程和个体发生与发育的规律,将有利于提高对颌面部某些疾病和畸形发生机制的认识。

第 1 节 颅颌面骨的演化

在动物界演化过程中,真正头的出现始于原始有头类。颅面骨骼的演化对于脊椎动物的种系发生和系统分类学的研究十分重要,脊椎动物颅面演

化的基本原则可分为:重现(recapitulation)、系列同源(serial homology)、诱导(inductions)、趋同(convergence)、幼态持续(nerteny)和前适应(preadap-

tation)。

研究颅颌面的演化一般从早期鱼类(有颌类的第一代始祖)开始。

一、头颅的组成

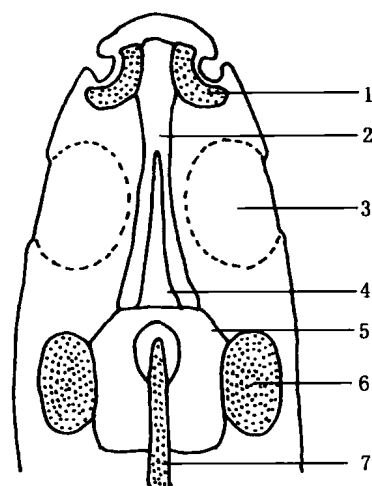
原始脊椎动物出现时,神经系统和感觉器官逐渐向身体的前段集中,出现软骨性头颅,起保护脑和感觉器官的作用。头颅的起源和演化复杂,为方便描述,可将头颅分为脑颅(chondrocranium)、咽颅(splanchnocranium),又名鳃骨(visceral skeleton)和膜颅(dermatocranium),又名膜质骨。脑颅支持大脑和特殊感觉器官,咽颅支持鳃弓及其衍生物,膜颅形成颅面相对表浅的骨骼。

(一)脑颅

在低等脊椎动物和高等脊椎动物的胚胎阶段包含很多成分,大致可分为5组:脊索(notochord)、小柱软骨(trabecular cartilage)、脊索旁软骨(parachordal cartilage)、枕弓(occipital arch)和感觉器官囊(sense capsules)。在演化过程中脊索出现最早,位于脑颅底部脑垂体(hypophysis)后,位置相对恒定,常用作颅面研究和描述的参考标志;小柱软骨位于脊索的前部,脑垂体两侧,前脑、鼻囊、眼眶和喙的形成与小柱软骨有关;脊索旁软骨位于小柱软骨之后,脊索侧面,软骨围绕脊索向上向下融合,形成基板,基板的侧面形成脑神经进出颅部的孔,基板的后部形成枕突,与脊柱第一个活动的椎体相关节;枕弓来自基板的后角,在颅底包绕脊索;感觉器官囊包括鼻囊(nasal capsules)和耳囊(otic capsules),鼻囊与小柱软骨的前端连接,耳囊与基板的外侧连接(图2-1)。

(二)咽颅

与高等脊椎动物口腔颌面部的发生和演化关系密切,咽(pharynx)位于口腔与食管或胃之间,消化管前端局部膨大引起鳃弓的发生和分化,产生了咽颅。鳃弓(visceral arch)是咽颅的基本成分,与其他类骨骼不同,鳃弓既有来源于脏壁中胚层的间充质细胞,又有来源于神经脊索的间充质细胞,而且形态和功能的变化也较大。鳃弓最早见于原始无颌类。古代甲胄鱼的鳃弓位于鳃外侧,紧接在皮肤内面,起支持鳃裂(gill slit)进行呼吸和滤食的作用。两栖类出现后,咽的呼吸功能退化,咽颅对舌、



1. 鼻囊 2. 小柱软骨 3. 眼眶 4. 脑垂体
5. 脊索旁软骨 6. 耳囊 7. 脊索

图2-1 脑颅示意图

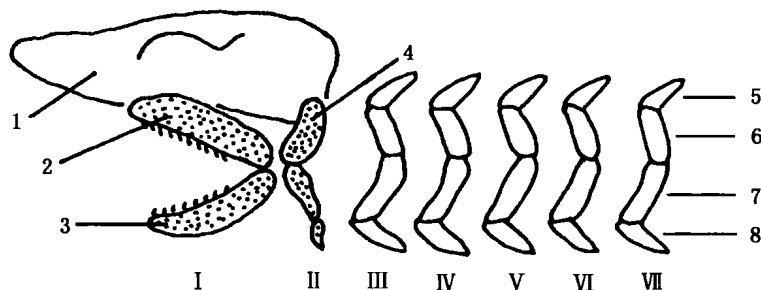
发音器官和其他相关结构起支持作用。早期的原索动物有12对左右的鳃弓,一般认为理想的原始无颌类有9对鳃弓,支持着8对鳃裂。随着动物的进化,在颌出现的过程中,前2对鳃弓因口腔的扩大被破坏和改造,剩下7对鳃弓。有颌类脊椎动物的鳃弓相互关联,每一鳃弓一般由4块软骨组成,依次为咽鳃节(pharyngobranchial)、上鳃节(epibranchial)、角鳃节(ceratobranchial)和下鳃节(hypobranchial),上鳃节和角鳃节位于鳃弓的中间。有颌类脊椎动物的第一鳃弓叫颌弓(mandibular arch),颌弓的上鳃节形成腭方软骨(palatoquadrate),角鳃节形成下颌软骨(mandibular cartilage)。第二鳃弓叫舌弓(hyoid arch),起辅助支持作用,其上鳃节形成舌颌软骨(hyomandibula),角鳃节形成舌软骨。其余的鳃弓主要参与呼吸器官的形成和控制(图2-2)。

(三)膜颅

低等动物的膜质骨位于头颅的表面,数量多,变异大。在不断的演化过程中,膜质骨经过融合退化,数目不断减少。到了高等脊椎动物,膜质骨内陷位于皮下或颌面部肌肉的深部,参与头颅的构成(图2-3)。

二、脊椎动物头颅的演化

虽然头颅的几个组成部分的起源是独立的,但在向高等脊椎动物演化的过程中,随着脑量的增



I~VII 鳃弓 I 颌弓 II 舌弓

1. 脑颅 2. 腭方软骨 3. 下颌软骨 4. 舌颌软骨 5. 咽鳃节 6. 上鳃节 7. 角鳃节 8. 下鳃节

图 2-2 咽颌示意图

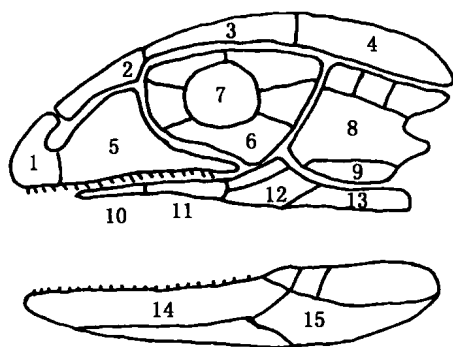
1. 前颌骨 2. 鼻骨 3. 额骨 4. 顶骨 5. 上颌骨
6. 颧骨 7. 眼眶 8. 鳞骨 9. 方颧骨 10. 犁骨
11. 腭骨 12. 翼骨 13. 副鳞骨 14. 齿骨 15. 角骨

图 2-3 膜颅示意图

加,脑室扩大,脑颅不断向外骨化。咀嚼肌力的增加导致膜质骨内移,鳃呼吸向肺呼吸转变,咽颌退化。头颅的几个组成部分相互作用,呈现出纷繁复杂的演化历程。

盾皮鱼(颌口类)的脑颅为软骨或部分骨化,膜质骨在头部形成厚的盾甲。最重要、最显著的进化是第一鳃弓演化为颌弓,腭方软骨藉韧带与脑颅相连,在后端与 Meckel 软骨相连,形成可以开闭的结构,原来从事呼吸作用的第一鳃弓演化成能掠食和进攻的颌。

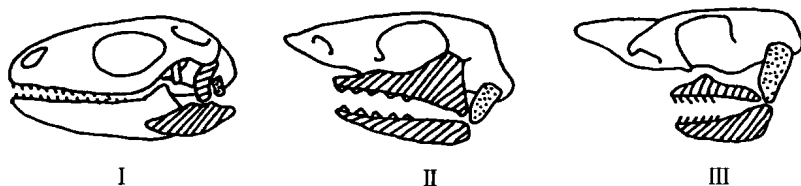
软骨鱼类的脑颅为软骨,已形成完整的颅顶和颅侧壁。颅软骨内有大量的钙盐颗粒沉积,脑颅变得非常坚硬,为脑组织提供了足够的保护。软骨鱼类的颌弓进一步演化,颌骨与脑颅的连接方式可分为:双连型(amphistily)、舌连型(hytostily)、自连型(autostily)(图 2-4)。

硬骨鱼种类繁多,其颅骨组成复杂,变异大。迄今发现最早的硬骨鱼脑颅完全骨化,无骨缝。在其后的演化过程中又出现了退化,肺鱼类(dipnoan)的脑颅仅枕外软骨发生骨化,总鳍类(crossopterygian)脑颅骨化也较少,分成蝶筛部(来自小柱软骨)和耳枕部(来自脊索旁软骨),二者以铰链相连接。硬骨鱼类的颌弓逐步退化,软骨颌仅存在于胚胎期,随后膜质骨取代初生颌形成次生颌,颌骨藉舌颌软骨以双连型或舌连型的方式与脑颅相连。

从鱼类向两栖类演化的过程中,头颅最明显的变化是方骨(quadrata)与鳞骨(squamosal)直接相连,颌骨与颅部的连接方式变为自连型,该特征一直伴随着其后高等脊椎动物演化史。随着颌骨演化为自连型,舌颌软骨演化为中耳的镫骨(stapes)。两栖动物的舌体变大,舌弓主要支持舌。鳃弓的数量逐渐减少,起支持舌和喉的作用,气管软骨环可能来自退化的鳃弓。支持舌和喉的结构,统称为舌器(hyoid apparatus)。

从两栖类向爬行类演化的过程中,头颅发生了更大的变化,脑颅进一步钙化融合,骨块数量减少。大多数爬行类的咽颌构成与两栖类相似:方骨和关节骨来自第一鳃弓,镫骨来自第二鳃弓,舌器主要来自第二至第四鳃弓,喉和气管软骨环来自第六和第七鳃弓。类哺乳爬行类,颌弓的变化最为显著,组成原始颌关节的方骨和关节骨逐步缩小退化,失去原有的关节功能,演化为中耳的砧骨(incus)和锤骨(malleus)。鳞骨和下颌的齿骨逐渐增大,在原始颌关节的前方形成新的关节,继发性颌关节出现。

爬行类的膜颅差别较大,是区分爬行类亚类的



I. 自连型 II. 双连型 III. 舌连型

图 2-4 颌骨连接示意图

依据。随着颅颌骨体积的增大和咀嚼肌力的增加，颅骨有的部分得到加强，而有的部分削弱，逐步演化出颞窝和颞弓。根据颞区的开孔情况，爬行类可分为无孔类、颌窝类和双窝类。无孔类无真正的颞区开孔，如海龟。颌窝类颞区有两个开孔，其弓形颞弧由不同的骨围成。双窝类除有像颌窝类的开孔外，在颌颞窝的后部另有一个开孔。

两栖类和大多数爬行类直接吞咽食物，无咀嚼动作，所以吸进来的空气经过内鼻孔到达口腔前份。而部分爬行类有咀嚼动作，副蝶骨消失，犁骨(vomer)逐步向后移行，形成后鼻孔，上颌骨的腭突在中线处融合，形成继发腭(secondary palate)，这样空气可以直接进入咽部，预防了咀嚼对呼吸的干扰。

鸟类头颅的演化与爬行类相似。鸟类在孵出后不久，脑颅的各组成部分和脑室的其他骨骼相互融合，成年鸟类颅骨没有骨缝。鸟类的咽颅构成与爬行类相似。

哺乳动物生物习性呈现多样化的状态，所以头颅的差异很大。脑容量的加大使部分颅骨和膜质骨发生融合，常见的融合有：后顶骨、上枕骨、基枕骨和外枕骨融合成枕骨，耳骨和鳞骨融合成颞骨，4块蝶骨(基蝶骨、前蝶骨、翼蝶骨和眶蝶骨)相互融合形成一整块蝶骨，前关节骨演化为锤骨的一个突起，角软骨演化为鼓泡(tympanic bulla)，封闭中耳。

综上所述，在脊椎动物的演化过程中，随着骨的融合和退化，动物头颅的组成不断得到简化。

三、头骨数量及质量的变化

在动物演化过程中，有的小骨块融合成大骨块，头骨的数目逐渐减少。如硬骨鱼类头骨数目多达180块，爬行类动物的头骨数目已明显减少，哺乳类动物头骨数目仅有30余块，而人类颅颌面骨

包括3块听小骨在内共只有26块。

动物头颅的骨骼来源有软骨化骨和膜质骨，总鳍类头部为膜质骨所覆盖。两栖类动物靠四肢支撑身体，为减轻体重负担，适应陆地生活，头骨骨化减少。爬行类动物头骨高度骨化，膜质骨的比例增加。哺乳类动物，除筛骨区少量骨未骨化外，头骨已完全骨化。人类头骨全为硬骨。在演化过程中，由于骨的质量不断得到提高，同时骨间连接由平面接触变为锯齿嵌合，使颅颌面骨变得更加坚固，增强了骨骼对颅颌面组织器官的保护作用。

四、颅颌面和感觉器官空间关系的变化

原始脊椎动物脑颅和咽颅的发展是单独进行的。鱼类的颌弓不与脑颅直接相连，而是藉舌颌软骨悬于脑颅上。经过漫长的演化，脑颅与咽颅才逐渐直接连接起来。两栖类的脑颅与颌弓已直接相连。至爬行类动物，脑颅和咽颅才形成完整的头颅。

脊椎动物的神经管分化为脑和脊髓两部分。随着动物的演化，脑不断地分化和发达，颅逐渐增大。从相对比例上看，脑颅体积不断增大而咽颅体积不断减小。在古猿向人类进化的过程中，脑颅继续增大并不断前移，而颌面部则逐渐后移，保证了在直立行走时躯体能有效地支持较大的头部。同时，食物结构和加工方式的进步，使咀嚼器官的负担大为减轻，颌骨的形态进一步退化缩小。

为了加强对环境的适应能力，头部各感觉器官不断发展，并逐渐向前、向中线方向集中，如眼由侧方移向正前方。经过长期的演化，逐渐形成了现代人的颅颌面外形。由类人猿、北京人和现代人脑颅骨与咽颅骨(面颅骨)的比较，可以清楚地看出从猿到人脑颅和咽颅的演化情况(图2-5、表2-1)。

由此可见，在人类演化过程中，脑颅从咽颅的

后方逐渐移至咽颅上方，枕骨大孔也随直立行走前移至颅底中央，以适应头直立位，并能使头部做前屈、后仰和侧屈等多方向运动。

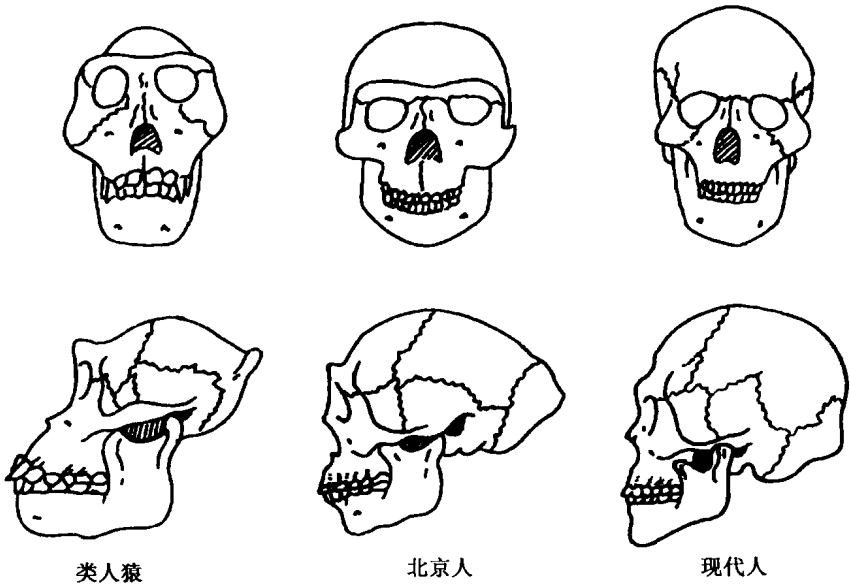


图 2-5 头骨比较图

表 2-1 类人猿、北京人、现代人头骨比较

项 目	类人猿	北京人	现代人
头骨的高度	较短	较高	更高
头骨的最宽处	左右颧骨处	左右外耳门稍上方	脑颅骨
头骨的厚度	厚	较薄	更薄
颅顶正中矢状嵴	很明显	明显	不明显
枕骨圆枕	很明显	明显	不明显
平均脑量(mL)	415	1075	1350
前额	明显向后斜	较隆起	丰满
两眉嵴	显著粗状且突出 左右相连续成屋檐状	粗状而突出 左右相连续成屋檐状	较低
眼眶	很宽	宽	较窄
面部	明显前突, 颧骨极高且向前突出	前突, 颧骨高且向前突出	突度减小
口部突度	明显前突	前突	突度减小
下颌骨及颏	下颌骨前部从上向下明显向后倾斜, 无颏	倾斜度小, 无颏	有颏
鼻梁	较低	丰满	明显隆起
毛发	遍及全身	减少	集中为头发、胡须、眉毛等

五、颌骨的演化

在动物的演化过程中,至盾皮鱼(颌口类)第一

鳃弓演化为颌弓,颌弓上鳃节形成的腭方软骨藉韧带与脑颅相连,在后端与角鳃节形成的 Meckel 软骨相关节,原始颌结构出现。软骨鱼类的颌弓进一

步演化,颌骨与脑颅的连接方式分为:双连型、舌连型、自连型。硬骨鱼颌弓逐步退化,软骨颌仅存在于胚胎期,随后由膜质骨所取代。腭方软骨的后端骨化成方骨,其余部分被膜质骨覆盖,从前向后依次为:前颌骨(premaxilla)、上颌骨(maxilla)、轭骨(jugal)和方轭骨(quadratojugal),这些膜质骨代替腭方软骨执行上颌功能。下颌 Meckel 软骨后部特化为关节骨,其余部分被膜质骨包裹,由前到后依次为:齿骨(dentary)、夹板骨(splenials)、隅骨(angular)、上隅骨(supraangular)、冠状骨(coronoids)和前关节骨(prearticular),它们代替 Meckel 软骨执行下颌功能。这种由膜质骨取代软骨初生颌而形成的颌骨,称为次生颌,次生颌的方骨与关节骨相关,替代初生颌行使功能。

在鱼向两栖类演化的过程中,方骨与鳞骨直接

相连,颌骨与颅部的连接方式变为自连型。大多数爬行类的颌骨构成与两栖类相似,类哺乳爬行类颌骨的变化最为显著,方骨和关节骨逐步缩小退化,演化为内耳的砧骨和锤骨,而鳞骨和齿骨逐渐增大。

哺乳类在胚胎时期有腭方软骨和 Meckel 软骨。出生后,上颌由上颌骨和前颌骨组成,上颌骨已成为上颌的重要组成部分。左右 2 块齿骨愈合构成下颌。

人类胚胎时期上颌仍有上颌骨和前颌骨之分。出生后上颌骨和前颌骨融合,上颌由左右 2 块上颌骨构成。在新生儿时期下颌骨尚为左右各 1 块,至 1 岁左右逐渐愈合成为 1 块完整的下颌骨。由于人类建立直立体态,脑颅部前移,颌骨不断后移,垂直向增长,颈部前突,此为人类口腔颌面部进化的特征(图 2-6)。

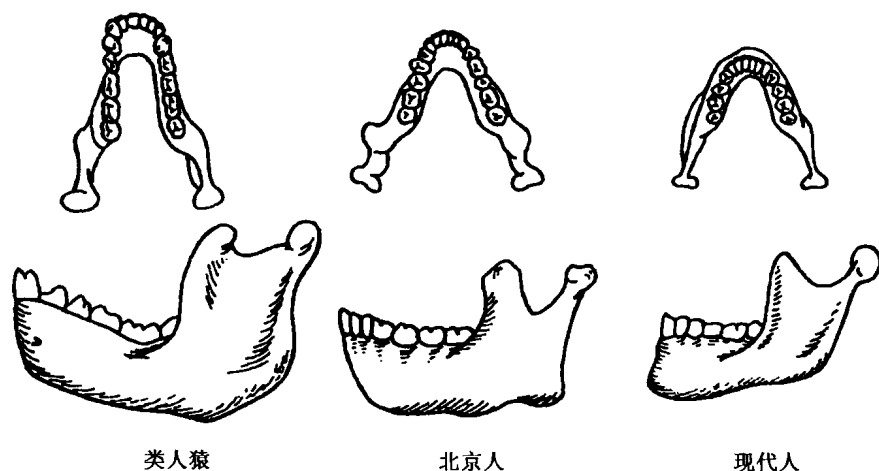


图 2-6 下颌骨的演化

六、颞弓的演化

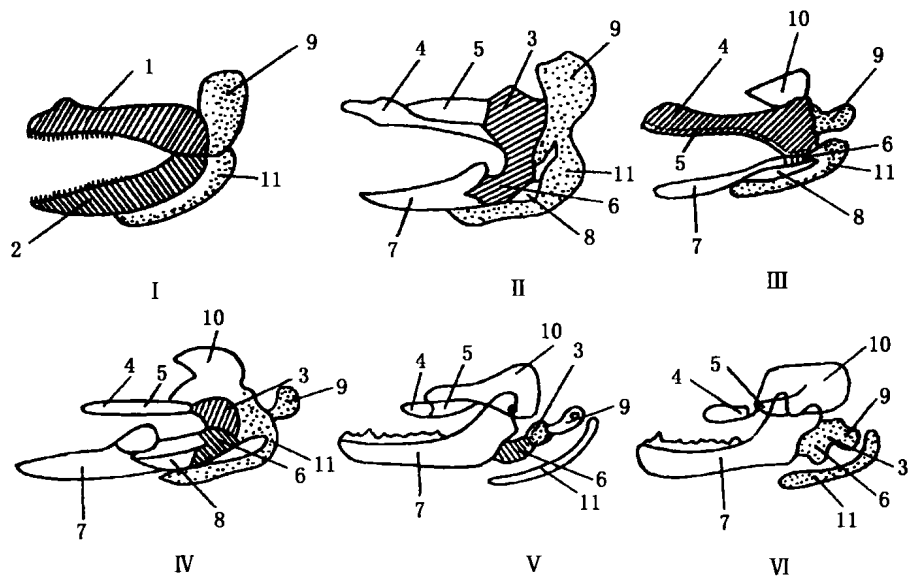
动物演化过程中,颞弓的出现与咀嚼功能的变化密切相关。爬行类之前动物的颌器无咀嚼负担,咀嚼肌不发达。除鼻、耳、眼的开口外,脑颅顶由膜质骨所覆盖,咀嚼肌也被覆盖在脑颅两侧的膜质骨下。至类哺乳爬行类时,颌器的负荷加重,咀嚼肌逐渐发达起来。由于咀嚼肌收缩时膨大肌腹的压迫,同时颞部相邻的膜质骨缩小或消失,最后颞区

产生洞穿凹陷,称之为颞窝。早期的颞窝分为双窝类和颌窝类,哺乳类为颌窝类的后代。颞窝下有弓形颞弧,由眶骨、颞骨、鳞骨所构成。哺乳动物咀嚼功能的加强,刺激了咀嚼肌的进一步发展,颞窝逐渐扩大以容纳发达的颞肌。颞弓由鳞骨颞突、颞骨本体、上颌骨颞突构成,为强大的咬肌提供附着。

与哺乳动物相比,人类的咀嚼力减弱,咀嚼肌的体积和肌力减小。因此,由颞骨颞突和颞骨颞突构成的颞弓也较哺乳类动物的薄弱。

续表

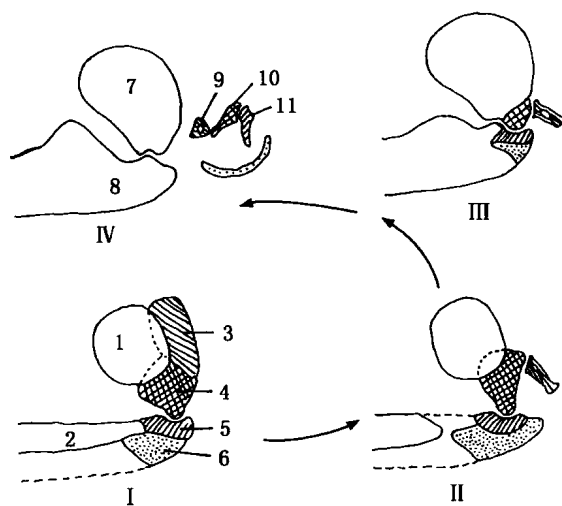
关节的组成	类人猿	中国猿人	现代人
髁头长轴	与颅骨长轴垂直	稍向后辐射	向后辐射
关节后突	非常明显	不明显	无
关节结节	无	明显	非常明显



I 鲨鱼 II 硬骨鱼 III 两栖类 IV 爬行类 V 兽齿类 VI 哺乳类

1. 腭方软骨 2. Meckel 软骨 3. 方骨(哺乳类的砧骨) 4. 腭骨 5. 翼骨 6. 关节骨(哺乳类的锤骨)
7. 齿骨 8. 隅骨 9. 舌颌软骨(陆生脊椎动物的耻骨) 10. 鳞骨 11. 舌骨

图 2-7 脊椎动物前两个咽弓的改造



I 硬骨鱼类(总鳍类) II 两栖类及绝大多数爬行类 III 类哺乳爬行类 IV 哺乳类

1. 鳞骨 2. 齿骨 3. 舌颌软骨 4. 方骨 5. 关节骨
6. 角骨 7. 颞骨 8. 下颌骨 9. 镫骨 10. 砧骨 11. 锤骨

图 2-8 颞下颌关节的演化

第3节 口腔的演化

原索动物的消化管只是一条前端有开口的长管,至脊椎动物才分化为口、咽、食管、胃肠和肛门。鱼类的口腔由上下颌围成,与咽部无明显的界限,口内有颌器和牙齿,方便捕食,但无咀嚼功能。两栖类的口腔虽无咀嚼功能,但口腔结构已明显复杂化,内鼻孔、耳咽管、喉门和食管皆开口于口腔,表明陆生动物与鱼类有很大的不同。至爬行类,口腔虽然仅用于摄食,但其结构和功能更趋复杂、完善,如口腔与鼻腔有分隔,与咽有明显的分界。哺乳类的口腔十分发达,分为口腔前庭和固有口腔,由于有咀嚼功能和唾液腺的分泌,口腔具备了促消化的功能。人类的口腔不仅是摄食和消化器官,而且是语言器官,表明人与动物间的本质区分。

一、腭的演化

至鱼类(软骨鱼,硬骨鱼),腭方软骨骨化形成3个部分,前端为腭骨,中间为翼骨,后端为方骨。腭骨、翼骨和方骨共同构成硬骨鱼的口腔顶部,称为原始腭。至爬行类,由前颌骨、上颌骨腭突、腭骨本体共同形成口腔顶部,称为次生腭(secondary palate),次生腭将原来的口腔分为上部的鼻咽道和下方的口腔。同时,副蝶骨消失,犁骨(vomer)逐步后移,形成后鼻孔,这样空气可以直接进入咽部,预防了咀嚼与呼吸的相互干扰。

哺乳类的腭由硬腭和软腭构成,硬腭由次生腭演化而来,软腭由肌肉构成,是硬腭向后延伸的部分。软腭的出现使口鼻的分工更为明确,进一步减少了进食与呼吸的相互干扰。人类的腭得到了进一步的发展,硬腭骨块减少,由上颌骨腭突和腭骨水平

板两部分构成,前颌骨仅出现于胚胎时期,软腭肌的构造更为精密,在发音与进食中起着重要的作用。

二、唇和颊的演化

哺乳类之前动物的口裂较大,口腔仅用于摄食而无咀嚼功能。哺乳类的口腔进化显著,其口裂明显缩小,牙列外侧出现了肉质的唇和颊,以协助吸吮、摄食和咀嚼,唇颊内有肌肉分布以控制其运动,使咀嚼的食物碎渣不致漏落。唇颊将哺乳动物的口腔分为口腔前庭(唇颊与牙列之间)和固有口腔两大部分,使口腔的功能得到了明显的拓展。

至人类,口裂更为缩小,唇和颊部的皮肤得到进一步的发展,可支配唇颊完成更加复杂的运动,以行使吸吮、咀嚼、表情和语言等功能,唇和颊已成为人类发音器官的重要组成部分。

三、舌的演化

至鱼类,口腔底部出现了由舌弓分化而来的舌和支持舌的骨骼,如软骨鱼的基舌软骨、角舌软骨,硬骨鱼的基舌骨和舌骨等,但鱼类的舌不能活动。为适应捕食的需要,两栖类演化出肌肉质可活动的舌。爬行类肌肉质的舌已较发达,活动灵活,不仅协助捕食和吞咽,而且具有感觉功能。至哺乳类,肌肉质的舌十分发达,除参与摄食、搅拌和吞咽食物外,舌肌表面黏膜上分布着各种感受器,重要的是分化出一种味觉感受器,称作味蕾。人类的舌变得更加发达和灵巧,除有上述功能外,还参与发音和语言,是发音器官的又一重要组成部分。

第4节 牙的演化

为适应复杂的生活条件和功能需要,动物由低等向高等进化的过程中,牙演化具有如下特点:牙形由单一同形牙向异形牙演化;牙数由多变少;牙替换次数由多牙列向双牙列演化(有的动物出生后

仅有一副牙列,其实它们也是双牙列或多牙列,只是在胚胎时期就完成了牙齿的替换);牙的附着方式由端生牙到侧生牙,最后演化为槽生牙;牙根从无到有;牙的分布由广泛分布到集中于颌骨;在功

能方面为从无到有,从协助摄食到咀嚼食物和协助消化食物。

一、脊椎动物牙演化历程

早期动物体壁盔甲表面有釉结节和牙本质样物质,藉此与骨相连。在进化过程中,体壁的钙化逐渐减少,口腔周边釉结节演化为牙齿。

鱼类的牙多为等长的三角片或单锥体的同形牙;多牙列,牙缺失后可由新生的牙补充;牙数极多(约200个),广泛分布于颌骨、腭骨、舌骨、翼骨、犁骨,以及咽、鳃、食管表面等部位;鱼类的牙无牙根,牙基部藉纤维膜附着于骨上,无咀嚼功能,称为端生牙(acrodont)。软骨鱼类的牙齿藉胶原纤维(Sharpey纤维)与皮肤相连。总鳍类牙齿形态特殊,牙釉质和牙本质形成很多皱褶,增强了牙齿的耐磨性,称为迷齿(labyrinthodont)。

至两栖类,牙仍是单锥体、同形牙、端生牙、多牙列,但数目少于鱼类,分布于颌骨、腭骨、犁骨、蝶骨等部位。蟾蜍没有牙齿。

爬行类为同形牙,多数爬行类为端生牙、多牙列。与两栖类相比,爬行类的牙已逐渐集中于上下颌骨。然而,蜥蜴的部分牙齿为侧生牙,一些蛇和祖龙为槽生牙。部分爬行类的端生牙融合形成大的牙板,终身不替换。乌龟无牙齿。

现代鸟类均无牙,但古代有齿鸟类的上下颌各有一排单锥体同形牙。

哺乳动物的牙齿不仅用于捕食,而且具有咀嚼和防御功能。随着食物种类的增加,哺乳动物的牙向异形牙演化,并出现分组。典型哺乳动物的牙一般分为3~4组(切牙、尖牙、前磨牙、磨牙),切牙一般为3颗,尖牙为1颗,前磨牙为3~4颗,磨牙为3颗。也有特例,如有齿鲸的牙齿由于食物结构的改变,又转变为同形牙。哺乳动物牙齿数目减少,牙根发达,位于颌骨边缘,以槽生方式深嵌于上、下颌骨牙槽内,可负担较大的咬合力。如森林古猿(约150万年前)的牙体粗大,尖牙尤其突出,伸出咬合面,并插入对颌牙间隙,以限制下颌运动。也有特例,有袋类动物上下颌各替换1颗牙齿,而鼯鼠不替牙。

与哺乳动物相比,人类的牙不仅数目减少,外形有改变,而且功能也得到了很大的发展,除咀嚼外,牙齿在维持面形和语音方面起着重要的作用。

二、人类牙齿的演化特征

人类的演化经历了南方古猿、能人、直立人、早期智人、晚期智人和现代人等阶段。从直立人到现代人,牙齿呈明显的缩小趋势,冠根比例增大。在人类演化的不同阶段和不同地区,牙齿缩小的程度和速率都不相同。不同地区早期智人牙齿的大小基本接近,从早期欧洲智人到现代欧洲人牙齿缩小了31.5%,而从早期中国智人到现代中国人牙齿缩小了27.9%,所以现代中国人的牙齿比较大。从早期智人到现代人的演化过程中,欧洲人类牙齿缩小的速率比较平稳,而中国境内人类牙齿的缩小主要发生在早期智人向晚期智人过渡的阶段,在此阶段牙齿急剧缩小并接近现代人的尺寸。在演化过程中,上颌牙较下颌牙退化明显,同组牙中远侧牙比近侧牙退化明显,上颌牙的颊舌径比近远中径退化明显。

亚洲人类牙齿的演化有不同的特征,Turner指出东亚地区人类(蒙古人种)的牙齿可分为两种类型:巽他型牙(Sundadonty)和中国型牙(Sinodonty),前者包括东南亚地区和印度尼西亚地区的人类群体,后者包括亚洲东北部人类群体(中国、朝鲜、蒙古、西伯利亚和美洲印第安人)。巽他型牙的特征表现为简单、原始,而中国型牙的特征表现为复杂、特化。例如具有巽他型牙特征的东南亚人群中,四尖型下颌第二磨牙、双根上颌第一前磨牙、双根下颌第二磨牙的出现率较高;而具有中国型牙特征的东北亚人群中,铲型中切牙、双铲型中切牙和一些特殊结构(上颌侧切牙舌面中断沟、第一磨牙釉质延伸等)的出现率较高。

三、牙演化学说

从爬行类的单锥体牙到哺乳类的多尖型牙,牙的演化机制至今尚不清楚。因此,牙演化机制仍停留在学说阶段,归纳起来大致可分为三尖学说(tritubercular theory)和联合学说(concrescence theory)。

(一)三尖学说

又称分化学说。该学说认为,在演化过程中,爬行类单锥体牙的近远中面各长出1个小尖,这种具有3个尖的牙称为原牙(protodont),中央的尖称为原尖(protocone)。随着牙的进一步演化,原牙的2个小尖逐渐增大,并与原尖排列在一条直线上,此

时的牙称为三尖牙(triconodont)。演化过程中,颌骨进一步缩短,三尖牙的3个尖由直线排列演变成三角形排列。在上颌,原尖移向腭侧,另两尖移向颊侧。在下颌,原尖移向颊侧,另两尖移向舌侧,这种排列的三尖牙称为三角牙,由3个尖所组成的三角形称为三角座。人类上颌磨牙的4个尖中有3个尖来源于三角座,其原尖演变为近中舌尖,前尖演变为近中颊尖,后尖演变为远中颊尖,远中舌尖来源于牙根座上所

形成的上次尖。下颌磨牙的5个尖中有2个尖来源于三角座,原尖演变为近中颊尖,后尖演变为近中舌尖,前尖消失。下次尖演变为远中颊尖,下次小尖演变为远中舌尖,下内尖演变为远中舌尖。

三尖学说可以解释单锥体牙向三尖牙或多尖牙的演变过程,能被多数学者所接受,同时对牙的比较记忆亦有帮助,但其演变的事实证据尚不充足(图2-9)。

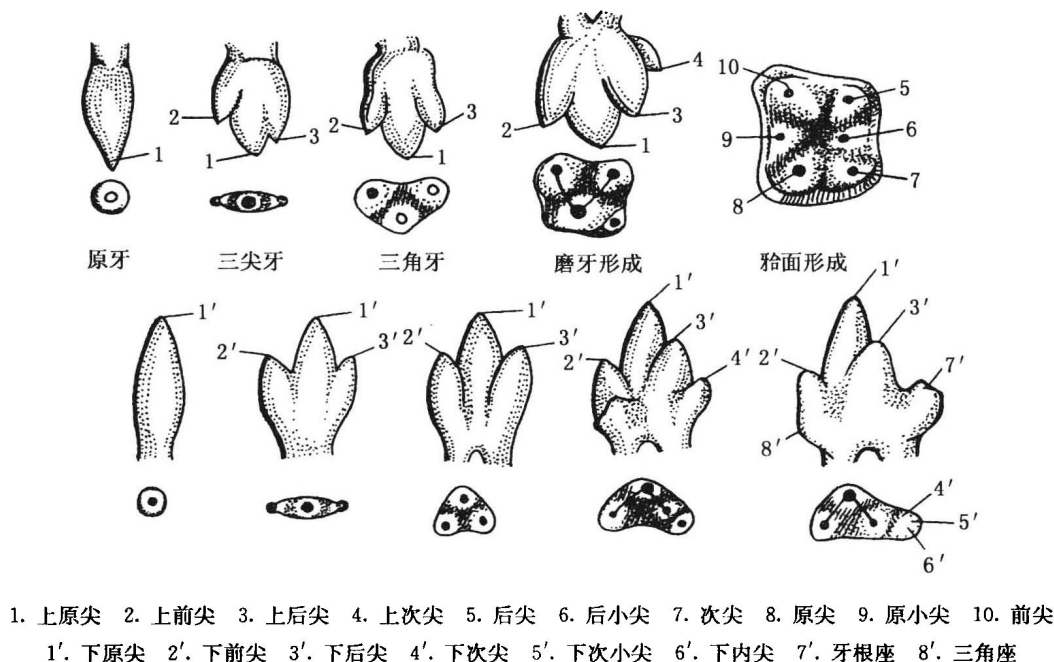


图2-9 三尖学说

(二)联合学说

又称愈合学说。该学说认为,在动物演化过程中,爬行类的长颌骨逐渐缩短,呈直线排列的单锥

体牙,经反复聚合形成哺乳动物的二尖型、三尖型、四尖型或多尖型牙。至于这些单个的牙如何相互组合,则无充分的事实证据。

第5节 鳃弓、咽、咽囊的演化

一、鳃弓的演化

鳃器官是鱼类和两栖类幼体的呼吸器官,包括鳃弓、咽囊、鳃沟和鳃膜(图2-10)。随着动物生存环境的改变,鳃器官也发生着变化。如鱼类在胚胎时期,咽的左右两侧内胚层向外突出,形成若干对鳃囊(咽囊),其对应的外胚层受咽囊的影响而内陷,形成咽沟(鳃沟)。咽囊继续外突,鳃沟不断内陷,彼此沟通,形成与外界相通的鳃裂。鳃裂与鳃

裂之间有鳃间隔,隔上有彼此平行的鳃瓣,鳃瓣由极薄的上皮和微血管构成,上有用于气体交换的次级鳃瓣。由此可见,鳃裂不仅是呼吸器官,而且有过滤食物的功能。从两栖类起,咽囊不再直接与外界相通,第一对咽囊演化为耳器官,最后一对咽囊演化为肺。

早期人胚的头部存在类似鳃器官的结构,它与面、颈和某些腺体的形成有关。在人胚发育的后期,为适应新的生理功能,鳃器官结构退化,演化为