

• 专家笔谈 •

手用根管锉的使用技术及临床应用

薛晶

口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院牙体牙髓病科 成都 610041

[摘要] 手用根管锉通常又称为手用锉，是一种在根管治疗中通过冠根向进出运动来清理、成形根管的器械。现代根管治疗技术中根管预备以镍钛器械为主，但手用器械仍然发挥了不可替代的作用，包括根管探查、根管疏通、根尖通畅、根管长度测量等。本文回顾了手用锉的发展，制作材质由最初的碳钢到不锈钢，再到镍钛，制作标准由最初的不统一到国际标准化组织（ISO）标准，再到各类改良器械问世，手用锉越来越较好地满足各类临床需要，成为根管治疗中不可或缺的一类器械。选择合适的手用锉，结合正确的使用方式，做到充分冲洗清洁、超声荡洗，避免包括术后肿胀、根管侧穿、器械分离、台阶等并发症的发生，已成为根管治疗的必修课。

[关键词] 手用根管锉；根管预备；镍钛；器械分离

[中图分类号] R781 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2025081

开放科学（资源服务）
标识码（OSID）**The technique and clinical application of root canal hand files**

Xue Jing

State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Cariology and Endodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Correspondence: Xue Jing, Email: jing_xue_scu@163.com

[Abstract] Root-canal hand instruments, often referred to as hand files, are tools utilized in endodontic therapy to clean and enlarge the root canal through a push-pull motion from the crown to the root. In modern endodontic techniques, nickel-titanium instruments predominantly facilitate root canal preparation. However, hand instruments continue to play an irreplaceable role in various procedures, including canal exploration, canal patency, apical clearance, and root canal length measurement. This article reviews the evolution of hand files, tracing the development of materials from the initial use of carbon steel to stainless steel and now to nickel-titanium. The manufacturing standards have progressed from irregularities to ISO standards, alongside the emergence of various modified instruments. As a result, hand files increasingly meet diverse clinical needs, establishing themselves as indispensable tools in root canal therapy. Selecting appropriate hand instruments and employing proper techniques—such as thorough irrigation; and cleaning, along with ultrasonic irrigation; helps prevent complications such as postoperative swelling, root canal perforation, instrument separation, and ledge formation. This has become an essential component of root canal therapy.

[Key words] root canal hand file; root canal preparation; nickel-titanium; instrument separation

手用根管锉，由手柄、止动片以及包含切割

螺纹的工作刃组成，是一种在根管治疗中通过冠根向进出运动来清理、成形根管的器械。Edward Maynard被认为是手用锉的发明者，早在1838年时他就在手表、胸针的圆形金属丝上刻上倒钩，用来去除牙髓组织^[1]。后来，Arthur使用小锉刀进行

[收稿日期] 2025-01-03; **[修回日期]** 2025-05-10

[作者简介] 薛晶，副主任医师，博士，Email: jing_xue_scu@163.com

[通信作者] 薛晶，副主任医师，博士，Email: jing_xue_scu@163.com

根管扩大。19世纪中期的教科书推荐根管成形的最佳方法是用尖端逐渐变细的三面或四面锉刀,并且其倾斜度尽可能与根管的倾斜度相一致^[2]。

1 手用根管锉的背景

正式的手用锉于20世纪初问世,由位于美国密歇根州的Kerr公司在1915年生产,因此命名为“K型锉”(K锉)或K型扩大针^[1]。最初的根管锉由碳钢制成,随后,不锈钢制作的根管锉极大提高了器械质量并成为市场上的主流。在最初的几十年间,根管预备采用机用不锈钢器械与手用不锈钢器械结合的方式进行,但其存在预备效率低、容易发生根管偏移和器械分离等并发症问题。随着20世纪90年代初镍钛旋转器械的出现,现代根管治疗中根管清理、成形器械的选择情况发生了明显变化,镍钛器械因其优良的弹性和柔韧性降低了根管偏移和器械分离的发生率,同时提高了根管治疗的效率和根管成形的质量^[3],成为根管治疗的首选,但在实际的临床工作中,在使用镍钛旋转器械之前,仍需要借助手用锉进行根管疏通、滑行通路制备、根管长度测定以及并发症处理等。

2 手用根管锉的组成及分类

2.1 国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)标准手用锉

2.1.1 锉的ISO标准 在根管治疗发展早期,根管锉并没有统一的规格和标准。1929年Trebitsch提出根管锉标准化的建议^[4],1958年,Ingle博士在牙髓病学的国际会议上再次提出根管锉的标准化问题。直到1968年,ISO才制定了根管锉设计的标准,最新的标准于2002年修订,标准化器械多为不锈钢材质^[1],即现在临床上常用的手用不锈钢根管锉,主要包括K型根管扩(K-type reamer)、K型根管锉(K-type file)、H型根管锉(H file)等^[5]。

2.1.2 K型根管扩 K型根管扩,也称K型扩大器,其工作刃螺纹较稀疏、刻槽较浅,横断面为三角形,故器械弹性较大,但切削能力相对较差。工作时以“扩”为主,只能做水平向的切割,以旋转动作切削牙本质,可顺时针旋转1/4~1/2圈。适用于细小根管的探查、根管通畅以及滑

行通路的建立。使用时不应只做提拉动作,也不应过度旋转,且反向旋转角度不能超过正向旋转角度。

2.1.3 K型根管锉 K型根管锉,简称K锉,其工作刃端螺纹较密、刻槽较深,工作刃断面为四方形,故器械弹性较小,但切削能力较强,使用以旋转和提拉动作切削牙本质,是目前应用最广的根管手用器械。用于常规根管的疏通和扩大,使用时既可以顺-逆时针捻转运动,也可以做提拉运动,但逆时针旋转时比顺时针旋转时更容易发生器械分离,故逆时针旋转角度和力量应小于顺时针旋转。K锉在使用前可以预弯成一定的形状,对于弯曲根管,可以预弯小号K锉探查、疏通根管,了解根管走形并确定初始工作长度。但反复弯折的K锉在预弯局部容易发生变形,故使用前应仔细观察,发现变形或预弯局部变“软”或解螺旋时,应更换新的K锉,以免发生器械分离。

2.1.4 H型根管锉 H型根管锉,简称H锉,由圆柱形不锈钢圆丝磨削而成。其工作刃断面为逗点状,工作刃与锉长轴之间为正向刀面角,故切削能力强,在顺时针旋转时螺旋刃可切入牙本质壁。由于其强烈切削能力,容易切入过深,如无法提拉或逆时针旋转取出,容易出现器械分离,故建议只做提拉运动,且不可在根管内过度提拉,否则会导致根管壁变薄或根管带状穿孔。临床上主要适用于直根管去除大量感染牙本质、根管口修整或根管内旧充填物去除。

2.2 改良型手用锉

ISO标准的锉是临床上应用广泛的锉,但无论是K锉还是H锉,都有一定的局限性,如弹性较差、预备弯曲根管时容易发生偏移、切削能力一般、尖端切削作用容易产生台阶等,因此,一系列改良的非ISO标准的手用锉问世,包括对锉的尖端直径、锉的尖端设计、工作刃的截面形状、材质和制作工艺等方面的改进,主要分为手用不锈钢改良器械和手用镍钛改良器械两大类。

2.2.1 手用不锈钢改良器械 1) 中间号手用锉。ISO标准的手用锉换号时,直径跨度较大,尤其是10号到15号,D1直径增加幅度高达50%,15号到20号D1增加幅度也达到了33%,对于一些狭窄或弯曲根管,过大的直径跨度在更换大一号锉时难以平滑过渡,预备难度增加且容易产生台阶,因此设计了一些中间号手用锉。以中间号手用锉为

例, 在ISO标准号10、15、20、25号等中间增加了12、17、22号等, 使得D1增加幅度减小, 对于弯曲和狭窄的根管预备更加安全, 极大地避免出现台阶、根管堵塞、器械分离等并发症出现。

2) 变锥度锉。ISO标准手用锉工作刃的锥度为0.02, 锥度较小, 对于一些有大锥度预备需求又不能使用镍钛的情况, 可以更换大锥度手用锉来进行根管预备, 如C+锉、Profinder 锉。C+锉其工作刃尖端锥度为0.04, 增加了工作刃尖端强度, 而中上段锥度则较小, 为0.01, 有利于钙化根管的疏通, 锉的弹性也增加, 降低了器械进入根管的阻力。Profinder 锉由10、13、17号3支不锈钢器械组成, 器械工作刃尖端4 mm锥度分别为0.02、0.017 5、0.015, 中上段锥度分别为0.015、0.015、0.01, 通过减小器械的锥度, 便于细小根管的探查和疏通。

3) 弹性锉。主要通过改变切割螺纹横截面形态来改善锉的性能, 代表器械如K-Flex锉、Flex-O锉, K-Flex锉其刃部横截面为菱形, 横截面相较于K锉的正方形, 锉的横截面积较小、切割角度减小、菱形的2个锐角使切刃更锐利, 切槽更深, 而2个钝角则增加了锉的柔韧性, 其刃部高低相间的排列使得预备过程中可以容纳并移除更多的碎屑, 清理效果更佳。Flex-O锉其刃部横截面为三角形, 与K锉相比较, 具有较小的横截面积和切割角度, 且其尖端为非切削尖端, 故切削效能和清理效果更好的同时还兼具安全性, 更有利于弯曲根管预备。RT锉, 与K-Flex锉的设计有异曲同工之妙, 其横截面为矩形, 且其中一对对角为锐角, 另外一对对角为钝角, 所以其旋转切割、提拉切割能力相较传统K锉更加优异, 且柔韧度更好。

4) 锉尖形态改良。传统ISO标准手用锉尖端具有切割能力, 在疏通根管时容易产生根管偏移和台阶, 改变锉尖端锐利切割刃, 对于根管预备的控制有重要作用。以Flex-R型锉为代表, 其工作刃尖端较K锉相比, 工作刃是由器械磨削而成, 可以控制刃口和螺旋槽的角度, 增加切缘的锋利度和耐磨性, 同时工作刃尖端被磨成圆钝的抛物线形, 失去切割功能, 在根管预备时引导器械沿根管走形进入, 避免根管偏移、台阶的产生。

2.2.2 手用镍钛改良器械 传统的不锈钢器械虽然具有一定的柔韧性, 但随着器械直径增大, 其柔韧性下降、刚性及硬度增加, 不再适用于弯曲

根管的预备, 且在根管预备时容易造成根管台阶、根管偏移, 甚至根管壁穿孔等^[6]。镍钛合金在口腔领域先被用于正畸治疗, 而其在牙体牙髓治疗中的广泛使用则是近30年才逐渐普及的。手用镍钛器械在设计上与不锈钢器械类似, 但镍钛器械弹性和柔韧性要明显优于不锈钢器械, 同时, 镍钛器械还具有良好的生物相容性和抗腐蚀性。传统的手用镍钛器械有手用镍钛K锉、手用镍钛H锉。但由于其磨损快, 与改良不锈钢器械相比并没有太大优势^[7]。

新型非ISO标准手用镍钛器械常见的有手用Great Taper锉(GT锉)和手用Protaper锉, 两者均为大锥度根管锉。手用GT锉有0.06、0.08、0.10、0.12共4种锥度, 其尖端直径均为0.2 mm, 刃部最大直径均为1.0 mm。GT锉其切割刃为锐利的三角形, 切割螺纹走向与正常根管锉走向相反, 尖端为无切割设计, 在根管预备中建议采用平衡力预备技术^[8]。手用Protaper锉一共包括6根锉(Sx、S1、S2、F1、F2、F3), 器械横断面为三角形, 锉的横截面积和切割角度较小, 既增强了切削效率, 又增加锉的柔韧性。器械刃部螺纹角度和沟槽变化均衡, 可以有效防止切削刃嵌入牙本质, 并将切削碎屑有效移出。Sx和S1用于冠1/3直线通路的建立, Sx也可以单独用于较短根管的预备, S2用于根中1/3的预备, F1、F2、F3用于根尖1/3预备^[7]。预备手法建议使用平衡力法, 但在遇到阻力回旋解除阻力时, 回旋幅度不应过大, 尤其是在根尖部, 稍作回旋即可。

2.3 手用根管疏通锉的特性及使用

随着机用镍钛器械的问世, 根管预备的大部分工作由机用镍钛器械完成, 但是在使用机用器械之前, 需要先用小号手用器械进行根管探查、钙化闭锁组织疏通、根管滑行通路建立等, 对于普通根管, 小号K锉完全可以满足需要, 但对于钙化、堵塞、闭锁、狭小和弯曲根管, 传统的小号K锉有时并不能满足需要。就需要使用专用的根管疏通锉来解决, 常用的包括C-pilot锉、C+锉、D锉等, 一般用在K锉无法建立预备通道之前的根管疏通, 与K锉搭配使用。

2.3.1 C-pilot锉 也称C先锋锉, 与K锉类似, 属于改良型K锉, 锥度与K锉一样, 都是0.02, 它是通过改良器械尖端材料, 来达到增强器械硬度的目的。其工作刃横截面为三角形, 故切割能力好, 且工作刃尖端3 mm更坚硬, 遇到阻力后不易变

形,有利于将手部“挫”的力传导至锉尖,锉中上部则柔韧性好,使锉能沿管壁方向顺利下行,常用于狭窄、堵塞、细小根管根管口探查及钙化根管的疏通,也可用于根管再治疗,使用方法与K锉相同^[9]。但由于其尖端较K锉更加坚硬,是其他同号锉尖端硬度的几倍,用于弯曲度较大的根管初步探查时,若使用不当,即使预弯也难以避免台阶产生。

2.3.2 C+锉 是临床上常用的手用根管疏通锉,也属于改良型K锉,改良目的与C先锋锉类似,均是了解决小号锉尖端刚性不足的缺陷,但与C先锋锉不同的是C+锉是通过改变工作刃的锥度来改变锉的性能,与K锉和C先锋锉相比,C+锉增加了工作刃尖端的锥度,为0.04,因此增强了尖端部分的强度,有利于钙化和堵塞根管的疏通;同时,其工作刃中上段的锥度较K锉小,为0.01,故弹性增加,降低了器械进入根管时的阻力。

2.3.3 D锉 D锉是一款改良手用锉,材质仍是不锈钢,根据尖端直径,D锉有8、10、12、15号4种规格,器械长度有21 mm和25 mm,其工作刃锥度为0.02,是一款专门为疏通堵塞和钙化根管设计的手用疏通锉。其刃部在设计上比普通“根管疏通锉”切割刃少,且降低了切割刃的切割性,故无明显切割能力,可防止锉卡在根管壁中。其工作刃横断面为“D”形,使得其具有很强的中心定位能力和穿刺能力,可以从根管缝隙中挤出一条通路;且“D”形的设计使D锉较传统的根尖锉更加柔韧,不易折断、不易形成台阶或侧穿,在使用前也可以进行预弯,可达到更好的预备效果。使用手法主要为提拉法,垂直向1 mm范围内蹭动时可承受不超过30°的捻转。临床上通常配合K锉使用,即使用D锉建立一条安全通路后,再使用切割能力更强的K锉进行根管疏通预备,通常能够达到事半功倍的效果。

3 手用根管锉根管预备的基本概念及原则

3.1 根管探查

为了更安全地使用手用器械和镍钛旋转器械进行根管预备,应在根管预备之前,进行根管探查。根管探查是根管预备的第一步,指的是在找到根管口后,使用第一支小号锉对根管进行被动探查,以了解根管的形态、最初通畅性以及锉穿透的抵抗力。根管探查是根管治疗中非常

关键的一步,会直接影响接下来治疗的难易程度和治疗质量。

根管探查前需要结合影像资料,对影像资料进行充分解读和评估,了解根管走向、弯曲、钙化程度。根管探查时需要将最小号锉(6~8号C锉/C+锉/D锉/K锉)预弯后旋入根管口,90°来回转动,轻轻加压往下滑动,遇到阻力时先旋转提拉,通过阻碍,若不成功则退出,冲洗根管后继续探查或换用更小号锉进行探查,直到小号锉达到根尖。对于弯曲、钙化根管,建议使用平衡力法,能够有效避免根管壁侧穿。

3.2 根管疏通

根管疏通的目的不仅是了解根管通畅性、弯曲情况以及根尖孔的大小,也是为根管预备建立良好的通路。一般将小号锉(如10号锉)尖端1~3 mm进行预弯,将锉轻插入根管,顺时针旋转15°~30°,再逆时针方向旋转15°~30°,缓慢向根尖方向移动,并小幅度提拉疏通根管。疏通目标为10号锉可略超出根尖孔0.5 mm,再换15号锉采用同样的方法疏通至根尖止点。

3.3 根尖通畅

在根管预备中更换切削器械时,可用较小的锉如10号K锉略超出根尖孔进行回挫,其目的是清除根管尖部牙本质碎屑,防止根管堵塞并维持工作长度,该锉称为通畅锉。根尖通畅应尽可能保持根尖孔不被扩大和移位,因此通畅锉不能超过15号,否则将增加根尖缩窄被破坏和根尖孔偏移的可能。

4 手用根管锉的常用操作手法

4.1 捻转法(watch-winding)

又称上发条法或上表弦法,顾名思义类似于手表上发条的方法,多用于探查、疏通细小、弯曲根管及根尖段预备。操作时,将锉预弯成与根管弯曲一致的形状探入根管进行小幅度往复捻转,顺时针旋入,轻轻加压向下,遇到阻力时逆时针松解,一般捻转的角度建议控制在30°~60°较为安全,在捻转过程中少量多次切割管壁牙本质,轻度扩大管径并逐渐深入根管,往复2~3次后提拉并带出碎屑^[10]。

4.2 旋转法(reaming)

也称钻法,将根管器械顺时针连续旋转进入根管,在转动过程中,锉刃不断旋转切割管壁牙

本质, 切削效率高, 但扭力过大容易导致器械分离。故与柔韧性更好的镍钛器械相比较不锈钢器械更适合旋转法。

4.3 提拉法 (filing)

也称锉法, 当器械进入根管空间并且已有一定自由度时, 将锉紧贴管壁再施加压力, 沿管壁上下提拉, 局部去除管壁牙本质。提拉法是根管预备的常用手法, 可以保证管壁的均匀切削, 用于扩大根管管径。但需要注意的是, 提拉法容易导致大量的碎屑堆积在根管形成“活塞效应”, 当器械与根管贴合较紧或根管弯曲度较大时, 容易将感染物质推出根尖孔或者预备形成堵塞或台阶。

4.4 环周预备法 (circumferential filing)

环周预备法是一种挫法, 主要用于根管冠方扩展和椭圆形根管的预备^[11], 用于根管冠方扩展时可以保证根尖段不被过度预备, 用于椭圆形根管预备时应注意在颊舌侧预备。操作手法为将锉放入根管直到需要的长度, 依次对近中、远中、颊侧、舌侧壁进行提拉^[12]。适用于直或较直的根管, 在预备弯曲根管时, 环周预备会导致根管弯曲处的薄弱区域牙本质被过度去除并有形成带状穿孔的风险^[13]。

4.5 反弯曲预备法 (anticurvature filing)

1980年, Abou-Rass等^[14]提出, 当遇到弯曲度较大、预备困难的根管时, 可以利用根管预备器械的“反弹性”, 在器械插入根管的过程中, 将器械柄主动压向与根尖弯曲方向相反的根管侧壁, 器械尖端可顺应于根尖弯曲的方向, 称为反弯曲预备法。使用反弯曲预备法可以避免器械对根管根尖部薄弱的弯曲内侧壁的过度切割, 也避免了根管过度拉直和根尖部的根管偏移, 但在反弯曲预备前必须先获得根管通路的充分畅通, 最好是适当外敞, 并且器械在根管冠部有一定自由度的条件下才能实现。在侧向对器械加压时, 可保持小幅度提拉切割弯曲根管外侧管壁, 但不建议做旋转动作^[15]。

4.6 平衡力法 (balanced force technique)

1985年, Roane等^[16]提出平衡力法预备根管, 其核心在于不加压顺时针旋转切入牙本质, 然后加压逆时针旋转更大角度加少许根向力完成牙本质切割。可以减少医源性损伤和根尖段碎屑的挤压, 减少术后疼痛^[16]。具体操作为将锉针插入根管至有阻力, 贴壁不加压顺时针旋转1/4圈 (最多

不超过90°) 使锉刃咬入根管牙本质壁, 再将锉针加压抵住切咬的根管壁, 逆时针旋转锉针3/4圈 (180°~270°), 同时将锉向根方略施压力完成牙本质切割。根据锉的直径和产生碎屑的多少, 可重复上述步骤数次, 最后将锉针逆时针旋转半圈至一圈使器械自然退出, 并将切割产生的牙本质碎屑带出^[11,17]。平衡力法应当尽量用最小限度的根向力完成, 保持器械较小载荷, 如果使用不当, 容易造成器械折断或出现局部根管偏移^[18-19]。主要用于弯曲根管根尖部预备, 建议使用柔韧性较好的弹性锉。

4.7 跟随法 (following)

跟随法是指让器械沿着现存的根管通路向下滑行直到阻力区或根尖区的一种预备方法, 有利于形成光滑连续的预备通道并维持根管形态^[20]。具体操作为: 1) 选择6、8号锉作为第一支锉, 预弯锉根尖区使锉形成弯曲平面; 2) 去除根管口牙本质, 使锉滑入根管, 手指轻压锉手柄末端并转动锉, 让锉沿着现存根管通路向下滑行; 3) 轻轻挤压锉向下, 顺时针旋转锉并同时向外退出。

4.8 双敞法 (modified double flare technique)

也称为双向喇叭口预备法, 由Weine等^[3]提出, 其具体方法为: 选择一个直径的根管锉 (例如80号) 从根管上段开始预备, 在根管冠1/3牙本质壁上用旋转动作轻巧地操作, 注意不能与根管壁紧密贴合, 以防止产生根管壁应力。接着依次换小1号的锉向根管中段预备, 锉工作长度每增加1 mm的同时减小根管锉1个号 (如70号) 的直径进行预备, 直至达到根中1/3的末端, 每次锉换号时用大量冲洗液冲洗^[21]。

有学者提出, 细菌感染并不是发生在根管内的所有区域, 越接近根尖孔的区域, 细菌的数量越少, 并且在侧枝根管中也发现了类似的结果, 而在根管扩大过程中, 牙髓碎片、牙本质碎片、微生物和冲洗液可能会被挤压进入根尖周组织, 导致根尖周炎症, 并伴随术后疼痛。双敞法预备的优点是在根管冠部及根中1/3预备锥度较大, 一方面对根管内感染物的清除更彻底, 另一方面, 通过建立冠向排溢通道, 减小根尖向的压力, 避免污染物从根尖孔溢出, 是牙髓坏死及感染根管的首选根管预备技术^[22]。

在使用手用根管锉进行根管成形时, 有多种各具特色的操作手法, 具体手法的选择主要基于根管形态和临床需求。捻转法因其安全性在根管

的初始疏通,尤其是钙化和弯曲根管中应用,但效率较低。旋转法在直根管中效率较高,但随着手用不锈钢锉使用减少,镍钛器械普及,其适用性有所提升。提拉法作为基础手法适用于根管中段和冠部的预备,但在复杂根管中受限。环周预备法适合椭圆形根管,但随着镍钛旋转器械的替代,其使用也逐渐减少。反弯曲预备法和平衡力法在弯曲根管中表现出色,能有效顺应根管形态,减少医源性损伤,值得进一步推广,但需加强术者培训以提升熟练度。跟随法多用于细小和弯曲根管在增大号数时的手用和机用锉预备,避免对锉尖端施加压力,更好地顺应根管形态和避免台阶形成。双敞法因能有效管理碎屑、清除感染物,特别适用于感染根管,是临床上的主流技术之一,具有推广应用价值。

5 手用器械根管预备技术

5.1 标准技术 (standardized technique)

标准技术又称常规技术,是较早使用的根管预备方法。具体操作为:用较小的锉探查和疏通根管后,确定根管工作长度。使用小号到大号器械逐号依次进行根管预备,每根器械均要完全到达工作长度。扩大的方法可采用上发条法、提拉法、旋转提拉法^[5]。

随着预备器械直径增加,器械韧性降低,工作刃预弯困难,预备弯曲根管容易造成根管偏移、台阶、根管壁穿孔、超预备等情况^[12],因此标准技术主要适用于直的或较直的根管。

5.2 逐步后退技术 (step-back technique)

逐步后退技术由Weine等^[3]提出并使用,是最基本的手用器械根管预备方法。该技术的原理是先用小号器械从根尖部开始预备,逐渐用较大的器械向冠方后退预备,以形成根管形态。避免了标准技术在弯曲根管中产生的预备不良,并预备出较大的锥度。逐步后退技术简化了根尖预备的难度,减少了弯曲根管中出现台阶和根管偏移的概率,故该技术适用于轻度弯曲的根管预备(不超过30°),也用于预备较直的根管。用于弯曲根管预备时,随着不锈钢器械直径增大,容易造成根管形态偏移、台阶、根管拉直、侧穿及工作长度丧失等问题^[23]。且冠方阻力在未去除时行根尖部预备,锉针切割面积大,预备耗时费力,同时,随着锉针直径增大,管壁限制器械,根尖区容易

有大量碎屑堆积并易将碎屑推出根尖孔,因此每次更换锉时均需要回挫和冲洗。

5.3 冠向下技术 (crown-down technique)

1980年,由Marshall和Pappin提出“冠向下无压力预备技术”。冠向下技术的核心是用大号器械为小号器械向根尖区深入提供空间,先使用直径较大的器械进行根管冠2/3预备,然后再用直径较小的器械向下深入预备至根尖区^[12]。与其他技术相比较,冠向下技术主要具有以下优点^[9]:1)与逐步后退技术相比,冠向下技术预备根管首先去除了根管冠部阻力,以获得良好的进入根尖1/3的通道,使得进入根管内操作的器械受到的冠方束缚减少,避免了“气缸活塞效应”;2)冠部阻力的去除,有助于预弯的器械进入根尖区,术者预备根尖时可以更好地控制器械尖端,避免发生根管形态偏移;3)预备根尖1/3前大部分感染物质已被去除,可以减少根尖碎屑推出根尖孔,减少术后并发症的发生^[24];4)冠部根管敞开便于冲洗液进入根管深部,使冲洗更完善;5)便于根管工作长度测量。

5.4 改良逐步后退技术 (modified step-back technique)

改良逐步后退技术,也称为逐步深入技术,由Schilder^[25]在1974年提出,1982年由Goerig等^[24]命名并详细介绍了该技术,它结合了逐步后退技术和冠向下技术的优点,主要原理是在冠部入口预备完成后,先去除冠部阻力,然后再进行根尖段的预备,结合了逐步后退技术和冠向下技术的优点。

具体操作为:1)在髓腔直线入口预备完成后,用15~25号H锉依次深入根管直至遇到阻力或距离根尖16 mm左右,做提拉动作扩大根管,然后使用2号G钻伸入根管距离根尖14 mm左右预备,最后用3号G钻伸入根管距离根尖12 mm左右预备。注意使用G钻时应轻轻向弯曲外侧壁用力,提拉运动要远离根分叉方向。H锉和G钻可用K锉和其他根管口成形锉代替;2)用10号和15号K锉通畅根管并确定根管工作长度,确定根管工作长度后,根尖区预备包括根尖预备和逐步后退预备,操作同逐步后退技术,最后用主尖锉对根管进行修整。

改良逐步后退技术,即在传统地逐步后退法预备根尖段之前,先进行冠部预处理,将根管冠部1/3敞开,去除根管冠部1/3的牙本质阻力,一方

面有利于根管冲洗液渗透，另一方面有利于根尖1/3预备时的器械操作和控制^[24]，减少坏死组织碎屑被推出根尖孔的可能，预备器械在通达全长的大部分阻力被消除，预备效率增加。

5.5 倒敞技术 (reverse flaring)

倒敞技术是一种用于弯曲根管预备的技术，结合了逐步后退技术和冠向下技术的优点，国内由杨锦波等^[26]研究提出。

它的主要特点是先进行根管冠段敞开，后进行根管根尖段敞开，根管冠段敞开阶段利用暂时性主尖锉维持根管通畅和根管形状，主要分为4个步骤：先将根管根尖预备至暂时性主尖锉（比初尖锉大一个号），然后进行根管冠部敞开，之后将根尖预备至正常主尖锉大小，最后完成根尖段敞开。

简要步骤如下：1) 10号K锉（初尖锉）预备根管，直至工作长度；2) 15号锉预备根管直至工作长度，并将15号K锉作为暂时性主尖锉，随后每一步根管冠部敞开都要用15号K锉回挫至工作长度；3) 根管冠部2/3敞开，如40、35、30号K锉依次敞开根管冠方2/3，预备长度随锉号减小逐渐增加直至预备至根管冠方2/3敞开，期间每一步根管冠部敞开都需要用暂时性主尖锉预备根管至工作长度；4) 根尖段预备至主尖锉；5) 逐步后退预备根尖段，操作与逐步后退技术根尖段预备类似。

倒敞技术先将根管冠部敞开，既减小了冠部预备阻力，有利于冲洗液进入根管深部，同时多个手用锉逐渐敞开根管冠部也减小了根管弯曲度，适用于弯曲度较大或有急弯的根管。暂时性主尖锉反复进行根管预备，维持了根管通畅，避免坏死组织、碎屑等在根尖段的堆积。

在临床实践中，手用根管锉的预备技术种类繁多，各具特色，技术的选择应根据根管形态、患牙牙位和临床需求灵活调整，标准技术因其局限性在现代临床中已很少应用，而逐步后退技术在直或轻度弯曲根管中仍有一定作用，但随着镍钛旋转器械的普及，其使用也逐渐减少。

冠向下技术和双敞法因能有效管理碎屑、减少医源性损伤，无论是手用锉或机用锉，均是临床上的主流技术，尤其适用于感染根管，值得广泛推广。

倒敞技术可结合多种优势，适用于复杂根管，未来在高难度病例中具有较大潜力。

6 临床操作前考虑

6.1 不同类型根管预备手用锉的选择

重度弯曲的根管会给予其清洁、成形和充填带来很大的困难。对牙齿内部解剖的全面了解，适当的器械使用技术的选择以及根据弯曲程度定制的治疗计划将有助于应对弯曲根管，预防并发症和提高治疗质量^[27-28]。对于重度弯曲的细小根管，在根管入口部分采用逐步深入技术预备，到达根尖部时，使用10号或15号K锉通畅根管并确定工作长度，选用弹性锉Flex-R锉采用平衡力法进行预备，同时大量冲洗液进行冲洗去除牙本质碎屑。

根管再治疗的主要目标是通过完全去除根管充填物来恢复冠方至根尖孔的通路，从而达到再次对根管系统进行充分清理和成形的目的，并最终形成良好的封闭^[22]。去除根管充填材料及根管再次成形均可以通过手用锉实现^[29]。单独使用手用器械去除根管充填材料时，按照冠向下技术，从大号手用锉开始（如50号），然后依次使用更小号器械（45、40、35号……），直到到达工作长度^[30]。锉进入根管后，感受到来自根充材料或根管内部解剖结构的阻力，做顺时针、逆时针旋转取出锉并带出根充材料^[31]。

6.2 手用锉工作长度测量

根管的工作长度是根管预备和根管充填的范围，是指从牙冠部参考点到根尖牙本质—牙骨质界的距离。为了准确的测定工作长度，应该掌握根尖区的解剖，选择牙本质—牙骨质界作为根尖止点，冠部一般选择切端、牙尖或洞缘作为参考点。电子根尖定位仪是目前临床上最常用的根管长度测量仪器。

在根管预备前，为了获得准确的工作长度，应建立开髓孔和髓腔之间的直线通路，进行根管疏通，保证小号锉（8、10、15号）能无障碍到达根尖区。

冠部参考点的选择也是准确获得工作长度的重要因素，因此，冠部参考点在治疗过程中应该保持不变，因此需要调整咬合的牙齿应先进行调磨，且尽量不选择充填体或薄弱牙尖作为参考点。参考点应与被测量根管的直线通道邻近，避免测量过程中根管锉柄部的弯曲。

在根管长度测量中，止动片的作用是标识长

度,最常用的是硅橡胶止动片。测量工作长度时,应保证止动片与根管锉柄部垂直。有的止动片边缘带有缺口或表面有线条颜色标识,可用于标记不锈钢器械的预弯方向。

6.3 手用锉滑行通路 (glide path) 建立

滑行通路是根管治疗中至关重要的一步,它为后续使用机用镍钛锉的安全、高效预备奠定基础。滑行通路是指从根管口到根尖孔的初步敞开,在根管口和根尖孔之间建立一条平滑、连续的通道,为后续的根管机用成形锉提供一个滑行通路^[32]。滑行通路的建立可提高后续根管预备的效率和安全性,降低后续镍钛成形锉预备时受到的扭转应力^[33],降低器械分离的发生率,减少根管预备时根管偏移、台阶、穿孔等现象,从而改善临床预后^[34]。

由于机用镍钛锉尖端通常为无引导性切割刃的钝头设计,因此使用镍钛机用锉进行根管预备前需要制备一条滑行通路^[35]。滑行通路的制备通常需将根管预备至15号,或者是预备至10号K锉在根管中非常宽松且无阻力的状态,以便能够轻松容纳第一支机用成形锉的引导尖安全旋转进入根管^[32]。

使用手用锉进行滑行通路制备时,通常使用不锈钢K锉、C+锉或D锉等手用锉,从较小的号数开始(如6、8、10号)。在根管手动疏通过程中保证乙二胺四乙酸(ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA)充分润滑,提高操作效率,减少器械分离的风险^[36]。疏通时操作手法尽量轻柔,将手用锉轻轻放入根管口,沿根管原始走形方向通过“跟随”技术,进行轻柔的探查,避免用力过猛或旋转器械,感受根管的走向和根管壁阻力的位置。当遇到根管壁阻力时,手用锉采用“捻转法”或“平衡力法”技术,在推进器械的同时进行小幅度的往复旋转和提拉动作,以清除根管内的碎屑,并使器械沿着根管壁滑动。按照器械号数从小到大的顺序(如6、8、10、15号),逐步扩大滑行通路的直径,直到达到预期的尺寸(通常至少为15号或宽松10号,以适应第一支机用锉)。每次更换器械前都要充分冲洗根管。

滑行通路制备完成后,使用小号手用锉(如10号或15号)确认滑行通路的通畅性和无阻力可重复性[通过将小号器械推进至根尖后分别退出不同距离(1~4 mm)后看能否无阻力滑行回到根尖],确保器械可以顺利滑行到达根尖孔,如果退

出后无法无阻力滑行回到根尖,则需要重新制备滑行通道并再次确认,或者改为使用手用器械继续完成剩余根管预备流程。

6.4 润滑剂的使用

润滑涉及到根管预备的整个阶段,膏状或凝胶状润滑剂越来越受欢迎,最常见的润滑剂为EDTA,有2种常用的类型是RC Prep(水基)和Glyde(乙二醇基),两者都含有10%过氧化脲,是一种能够溶解坏死组织的广谱抗菌剂^[37]。在根管预备过程中,器械受到许多应力,包括扭转应力,压缩和拉伸应力,当器械受到超负荷的应力就会产生应力疲劳,造成器械损坏甚至器械分离。润滑剂可以在器械插入根管之前放置在器械上,以减少与根管壁之间的摩擦,减小预备过程中的应力集中,促进器械的机械预备动作,辅助根管机械预备;并促进整合和溶解牙本质小管内玷污层中的无机物,辅助化学预备^[38],达到更好的根管清理作用;另外还可以软化根管壁的牙本质促进狭窄根管的扩大。

6.5 并发症预防和处理

在根管预备研究中报道的主要并发症包括术后疼痛肿胀、根管侧穿、器械分离、根尖堵塞、工作长度损失、台阶等^[1]。

术后疼痛肿胀发生的可能原因有:1)预备超出工作长度,破坏根尖孔的解剖结构,对根尖周组织造成损伤;2)根管预备中清洁和冲洗不到位,或者根管形态不好,导致根管内感染物及牙本质碎屑没有及时清理而被推出根尖孔;3)根管内使用酚类封药,刺激性不良反应明显,或封药被推出根尖孔。主要预防方式为操作过程中工作长度精确控制,做好根管冠方敞开,使用超声根管锉进行根管荡洗,使用氢氧化钙糊剂在根管中上段进行封药,这样可以避免大多数根管预备后的不良反应。

根管壁侧穿常见的2种情况是根管壁点状侧穿及冠部带状侧穿,对于点状侧穿,通过小号锉找到侧穿通路,将其当作侧支根管进行充填,对于根管带状穿孔,应使用三氧矿物聚合物(mineral trioxide aggregate, MTA)、iRoot-BP或其他生物陶瓷材料进行修补。

根管预备过程中,器械分离是常见的并发症之一。其发生是多种因素共同作用的结果,主要与器械承受的应力类型和大小有关。应力类型包括扭转应力、弯曲应力和循环疲劳。扭转应力指

的是当器械尖端被卡在根管壁或碎屑中, 而器械柄部继续旋转时, 会产生扭转应力。这是导致器械分离的最主要原因之一。弯曲应力指的是在弯曲的根管中, 器械受到弯曲和拉伸的复合应力, 尤其是在根管的弯曲处, 应力集中, 更容易发生疲劳断裂。循环疲劳指的是器械在管内旋转或往复运动时, 会反复受到弯曲应力, 长期累积会导致金属疲劳, 最终发生断裂。有研究^[39]表明小号器械及根尖1/3更易发生器械分离。分离器械的取出具有较高技术难度, 因此应以预防为主^[37]。预防措施包括临床医生增强对根管系统的了解、预备过程中对碎屑的充分冲洗, 限制器械的重复使用等。根管偏移是根管预备中常见并发症。不锈钢根管锉弹性较差, 预备锥度较小, 牙本质碎屑难以冲出, 容易导致根管堵塞, 对弯曲根管预备时, 还容易导致根管偏移, 因此在预备弯曲根管时, 应选用镍钛器械或改良非切削尖端弹性器械, 其柔韧性和回弹力较好, 具有更好的成形能力, 同时做好冲洗、超声荡洗和润滑工作, 可以预防根管侧穿和偏移。

7 结语

虽然镍钛器械以其优良的弹性和柔韧性提高了根管治疗的效率, 成为根管预备的主要器械, 但在实际临床应用中, 手用根管锉仍然不可替代, 它具有根管探查、根管疏通、根尖通畅和并发症处理等重要功能和作用。手用锉种类多样, 手法及预备技术灵活, 具有更丰富的应用场景和更高的安全性。在实际临床操作过程中, 临床医生应掌握规范的手用锉使用技术, 考虑不同类型根管预备对手用锉的选择, 在根管预备过程中正确使用手用锉进行根管疏通, 精确测量工作长度, 使用润滑剂, 做到充分冲洗清洁、超声荡洗等, 避免包括术后疼痛肿胀、根管侧穿、器械分离台阶等并发症的发生。

致谢: 四川大学华西口腔医院杨沛岳、邹丽同学在本文文献检索和撰写中给予了帮助, 特此感谢!

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

8 参考文献

- [1] Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means[J]. *Endod Top*, 2005, 10(1): 30-76.
- [2] Grossman LI. Pioneers in endodontics[J]. *J Endod*, 1987, 13(8): 409-415.
- [3] Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape[J]. *J Endod*, 1975, 1(8): 255-262.
- [4] Grossman LI. Endodontics 1776-1976: a bicentennial history against the background of general dentistry[J]. *J Am Dent Assoc*, 1976, 93(1): 78-87.
- [5] Patel B. Endodontic treatment, retreatment, and surgery[M]. Cham: Springer International Publishing, 2016: 71-101.
- [6] Elizabeth MS. Hand instrumentation in root canal preparation[J]. *Endod Top*, 2005, 10(1): 163-167.
- [7] Schäfer E, Tepel J, Hoppe W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 2. Instrumentation of curved canals[J]. *J Endod*, 1995, 21(10): 493-497.
- [8] Song YL, Bian Z, Fan B, et al. A comparison of instrument-centering ability within the root canal for three contemporary instrumentation techniques[J]. *Int Endod J*, 2004, 37(4): 265-271.
- [9] Ajina M, Billis G, Chong BS. The effect of glide path preparation on root canal shaping procedures and outcomes[J]. *Eur Endod J*, 2022, 7(2): 92-105.
- [10] 梁宇红, 岳林. 根管治疗技术之根管机械预备(一)——根管锉的操作手法和指标[J]. *中华口腔医学杂志*, 2019, 54(9): 646-648.
- [10] Liang YH, Yue L. Root canal treatment: key motions and targets of root canal instrumentation[J]. *Chin J Stomatol*, 2019, 54(9): 646-648.
- [11] Wu MK, van der Sluis LM, Wesselink PR. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals[J]. *Int Endod J*, 2003, 36(3): 218-224.
- [12] Singla D, Kataria B, Kaur U. Root canal cleaning and shaping: a review[J]. *Int J Health Sci*, 2021, 5(S1): 95-112.
- [13] Wildey WL, Senia ES, Montgomery S. Another look at root canal instrumentation[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1992, 74(4): 499-507.
- [14] Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurva-

[1] Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechan-

- ture filing method to prepare the curved root canal [J]. *J Am Dent Assoc*, 1980, 101(5): 792-794.
- [15] Carrotte P. Endodontics: part 7. Preparing the root canal[J]. *Br Dent J*, 2004, 197(10): 603-613.
- [16] Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG. The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals[J]. *J Endod*, 1985, 11(5): 203-211.
- [17] Chaniotis A, Ordinola-Zapata R. Present status and future directions: management of curved and calcified root canals[J]. *Int Endod J*, 2022, 55(Suppl 3): 656-684.
- [18] Blum JY, Machtou P, Micallef JP. Qualitative description of a new preparation technique: the balanced-force motion using the Endographe[J]. *J Endod*, 2001, 27(8): 503-507.
- [19] Darcey J, Taylor C, Roudsari RV, et al. Modern endodontic principles part 3: preparation[J]. *Dent Update*, 2015, 42(9): 810-812, 815-818, 821-822.
- [20] West J. The three fs of predictable endodontics: “Finding, following, and finishing”[J]. *Dent Today*, 2016, 35(3): 90, 92-96.
- [21] Fava LR. The double-flared technique: an alternative for biomechanical preparation[J]. *J Endod*, 1983, 9(2): 76-80.
- [22] Saunders WP, Saunders EM. Effect of noncutting tipped instruments on the quality of root canal preparation using a modified double-flared technique [J]. *J Endod*, 1992, 18(1): 32-36.
- [23] Tan BT, Messer HH. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size[J]. *J Endod*, 2002, 28(9): 658-664.
- [24] Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique[J]. *J Endod*, 1982, 8(12): 550-554.
- [25] Schilder H. Cleaning and shaping the root canal[J]. *Dent Clin North Am*, 1974, 18(2): 269-296.
- [26] 杨锦波, 李继遥, 刘天佳. 弯曲根管的临床预备要点[J]. *国外医学·口腔医学分册*, 2004, 31(1): 48-50.
Yang JB, Li JY, Liu TJ. Key points of clinical preparation for curved root canal[J]. *Foreign Med Sci: Stomatol*, 2004, 31(1): 48-50.
- [27] Hudson DA, Remeikis NA, Cura JE. Instrumentation of curved root canals: a comparison study[J]. *J Endod*, 1992, 18(9): 448-450.
- [28] Wildey WL, Senia ES. A new root canal instrument and instrumentation technique: a preliminary report [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1989, 67(2): 198-207.
- [29] Betti LV, Bramante CM. Quantec SC rotary instruments versus hand files for gutta-percha removal in root canal retreatment[J]. *Int Endod J*, 2001, 34(7): 514-519.
- [30] Trierveiler Paiva RC, Solda C, Vendramini F, et al. Regaining apical patency with manual and reciprocating instrumentation during retreatment[J]. *Iran Endod J*, 2018, 13(3): 351-355.
- [31] Dall’Agnol C, Hartmann MSM, Barletta FB. Computed tomography assessment of the efficiency of different techniques for removal of root canal filling material[J]. *Braz Dent J*, 2008, 19(4): 306-312.
- [32] West JD. The endodontic Glidepath: “Secret to rotary safety”[J]. *Dent Today*, 2010, 29(9): 86, 88, 90-93.
- [33] Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path[J]. *J Endod*, 2014, 40(12): 2053-2056.
- [34] Hartmann RC, Peters OA, de Figueiredo JP, et al. Association of manual or engine-driven glide path preparation with canal centring and apical transportation: a systematic review[J]. *Int Endod J*, 2018, 51(11): 1239-1252.
- [35] Patiño PV, Biedma BM, Liébana CR, et al. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments[J]. *J Endod*, 2005, 31(2): 114-116.
- [36] Ruddle CJ, Machtou P, West JD. Endodontic canal preparation: innovations in glide path management and shaping canals[J]. *Dent Today*, 2014, 33(7): 118-123.
- [37] Chandler N, Chellappa D. Lubrication during root canal treatment[J]. *Aust Endod J*, 2019, 45(1): 106-110.
- [38] Di Lenarda R, Cadenaro M, Sbaizero O. Effectiveness of 1 mol·L⁻¹ citric acid and 15% EDTA irriga-

tion on smear layer removal[J]. Int Endod J, 2000, 33(1): 46-52.

[39] McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Endodontic

instrument fracture: causes and prevention[J]. Br Dent J, 2013, 214(7): 341-348.

(本文编辑 王姝)

· 专家简介 ·



薛晶，博士，四川大学华西口腔医院牙体牙髓病科副主任医师。2009年毕业于四川大学华西口腔医学院，获口腔医学博士学位，曾赴澳大利亚悉尼大学牙学院、美国加州大学洛杉矶分校牙学院、美国华盛顿克雷格研究所、日本北海道大学牙学院、香港大学牙学院及瑞士日内瓦大学牙学院等机构研修。长期致力于牙体牙髓疾病的基础与临床研究，口腔微生物菌群研究及牙体硬组织早期病变的修复研究。已在国内外相关牙体牙髓学术刊物发表论著20余篇，参编牙体牙髓相关专著7部，主译《流动复合树脂修复》《实用牙体修复临床指南》《儿童与青少年牙齿急症治疗》《口腔医生执业健康指南：操作及体位的人体工程学》《牙髓病诊疗：原理与实践》专著5部。任职中华口腔医学会牙体牙髓专业委员会青年委员，四川省口腔医学会牙体牙髓专业委员会委员，四川省口腔医学会口腔镇静镇痛专业委员会常务委员，四川省口腔医学会口腔美学专业委员会常务委员。在牙体牙髓病学领域一直致力于医、教、研工作，对牙髓病和龋病的诊治有较深入的研究和丰富的临床经验。