

不同类型的辅弓在正畸前牙压低中的应用与研究进展

斯佳萍 吕林 王思婕 周宇 陈小燕

浙江大学医学院附属口腔医院正畸科 浙江大学口腔医学院 浙江省口腔疾病医学研究中心
浙江省口腔生物医学研究重点实验室 浙江大学癌症研究所 杭州 310006

[摘要] 前牙深覆殆是临床中常见的疑难错殆畸形，常伴随有不同程度的关节、牙周及美观等问题。压低辅弓是目前临床中治疗前牙深覆殆的主要方式之一。压低辅弓种类繁多，不同辅弓在适应证、疗效、不良反应、弓丝弯制及生物力学等方面存在差异。在临床实践中，正畸医生应根据目标位及患者牙槽骨情况选择合适的辅弓类型，并适时调整压低力的大小和方向，以达到最佳的效果。本文就不同类型的压低辅弓的应用和研究进展作一综述，以期临床研究的开展及临床实践提供一定的参考。

[关键词] 牙齿压低；压低辅弓；正畸弓丝；牙根吸收

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2024011



开放科学（资源服务）
标识码（OSID）

Application and research progress of various intrusive arches in the orthodontic intrusion of anterior teeth

Si Jiaping, Lü Lin, Wang Sijie, Zhou Yu, Chen Xiaoyan

Dept. of Orthodontics, Stomatology Hospital, School of Stomatology, Zhejiang University School of Medicine, Zhejiang Provincial Clinical Research Center for Oral Diseases, Key Laboratory of Oral Biomedical Research of Zhejiang Province, Cancer Center of Zhejiang University, Hangzhou 310006, China

Supported by: Special Fund for Basic Scientific Research of Zhejiang University (2021FZZX005-36); Research Project of the China Dental Disease Prevention and Control Foundation (A2021-090)

Correspondence: Chen Xiaoyan, Email: ortho_chenxy@zju.edu.cn

[Abstract] Deep overbite of anterior teeth is a common and difficult malocclusion in clinical practice and is often accompanied by different degrees of joint, periodontal, and aesthetic problems. Intrusive arch is one of the main ways to correct deep overbite of anterior teeth in clinical practice. Various types of intrusion arch exist, and indications, clinical effects, side effects, wire bending, and biomechanics differ among different types of intrusive arches. Therefore, in clinical practice, orthodontists should choose an appropriate intrusion arch that caters to the target position and the patient's dental bone condition and adjusts the size and direction of the intrusion force to achieve the best effect. This article reviews the application and research progress of different types of intrusive arch to provide reference for its implementation in clinical research and clinical practice.

[Key words] tooth intrusion; intrusion arch; orthodontic wire; root resorption

前牙深覆殆是常见的上下牙弓及颌骨垂直向关系异常所致的疑难错殆畸形，国内发病率约为

43.8%^[1]。此类患者的主要临床表现为上下前牙拥挤、Spee曲线深、面下1/3短等。常伴随有不同程度的关节、牙周及美观问题^[2]。而前牙压低技术则是目前成人深覆殆患者矫正的主要方式之一^[3]。

前牙压低技术主要包括压低辅弓、摇椅弓、平面导板及种植钉等^[4]。摇椅弓使用方法简单，但会导致前牙唇倾、前磨牙升高等不良后果，存在矫治失败的风险^[5]。平面导板可抑制前牙萌出，促进后牙伸长，不适用于高角患者，且术后长期稳

[收稿日期] 2023-06-29; **[修回日期]** 2023-10-09

[基金项目] 浙江大学基本科研业务费专项资金 (2021FZZX005-36); 中国牙病防治基金会科研项目 (A2021-090)

[作者简介] 斯佳萍, 住院医师, 硕士, Email: 3150103226@zju.edu.cn

[通信作者] 陈小燕, 副主任医师, 博士, Email: ortho_chenxy@zju.edu.cn

定性较差^[6]。种植钉压低效果优异，提高矫治效率但其费用较高，同时存在植入失败、感染等风险^[7]。压低辅弓种类繁多，疗效较为明确，临床应用率较高，但也存在一些不良反应^[8]。

先前的研究多聚焦于压低辅弓的治疗效果、压低效率等。近年来，随着锥形束计算机断层扫描 (cone beam computed tomography, CBCT) 技术的发展，压低辅弓产生的牙周效应也逐渐受到了业内学者的关注。而目前国内尚未有综述对压低辅弓的类型和研究进展进行全面系统的回顾。故本综述主要就压低辅弓的类型、临床应用、研究进展等方面展开论述，以期临床研究的开展及临床实践提供一定的参考。

1 压低辅弓的分类

1.1 Burstone 压低辅弓

在20世纪50年代，Burstone医生创新地提出了

片段弓矫治技术，该技术通过将牙弓分为3段，极大地提高了矫治效率^[9]。然而片段弓技术存在一个巨大的局限，即在排齐阶段无法产生真正的前牙压低。于是在1977年，Burstone^[10]提出了连续压低辅弓的概念。此压低辅弓一般由一段连续的0.406 mm×0.559 mm或0.457 mm×0.635 mm的Beta钛 (Tulane medical appliance, TMA) 弓丝或不锈钢弓丝弯制而成，分为后牙段、中间段和前牙段3个部分。

Burstone压低辅弓为典型的单力偶系统，其后牙段插入磨牙辅弓管中，前牙段以吊扎的形式与主弓丝的中切牙或侧切牙远中部位相连 (图1)。由于压低力的施力点更接近前牙段阻抗中心，因此在一定程度上可以减少前牙唇倾；同时，为了增加后牙段稳定性，并且减少磨牙不良反应的发生，后牙段通常以0.457 mm×0.635 mm或0.533 mm×0.635 mm的不锈钢弓丝为主弓丝。必要时，还可辅以横腭杆、舌弓、高位头帽等。

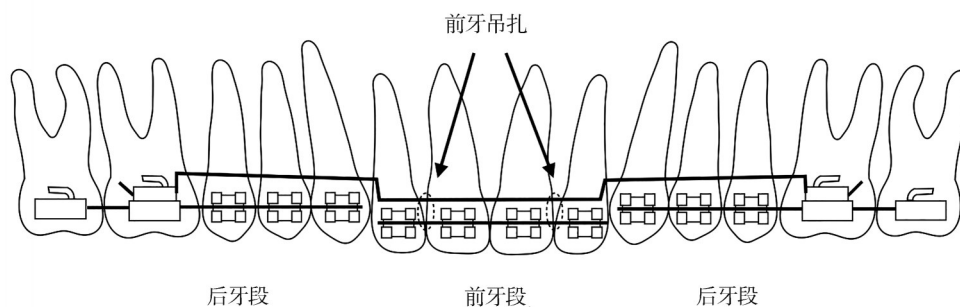


图 1 Burstone 压低辅弓

Fig 1 Burstone intrusion arch

长跨度的辅弓增加了弓丝的弹性，可产生持续、轻柔的压低力。当辅弓前牙段在被动状态时每离开主弓丝1 mm，产生0.08 N压低力。Burstone认为，当辅弓距离主弓丝6.5 mm时，即压低力为0.6 N时最为适宜。这一方面减小了前牙牙根吸收等不良反应发生的概率，另一方面也可减少后牙支抗的消耗。

1.2 Ricketts 多用途弓

Ricketts^[11]于1976年发表了生物渐进术的治疗程序和生物力学机制的论文，并提出了多用途弓的概念。多用途弓由磨牙段、后牙垂直段、前庭沟段、前牙垂直段和切牙段共5个节段组成，临床应用时磨牙段插于第一磨牙辅弓管内，切牙段就位于切牙槽沟内 (图2)。使用0.457 mm的槽沟时，上颌通常选用0.406 mm×0.559 mm的不锈钢丝或

钴铬合金丝 (Blue Elgiloy)，下颌选用0.406 mm×0.559 mm或0.406 mm×0.406 mm的弓丝；而对于0.559 mm的槽沟，上下颌均推荐使用0.483 mm×0.483 mm的弓丝。钴铬合金是一种具有特殊性质的材料，在热处理前其刚度小、容易弯制，行热处理后则具有与不锈钢丝相似的刚度。激活时，压低力应控制在1.25~1.60 N。

和Burstone压低辅弓一样，多用途弓在行前牙压低时，同样是以磨牙作为支抗，因此也会导致磨牙远中倾斜、伸长等不良反应的发生。故在使用时，通常需配合横腭杆、舌弓等辅助工具以加强后牙支抗。和Burstone压低辅弓不同的是，多用途弓的切牙段以入槽的形式与前牙相连，构成双力偶系统，这使得牙齿的三维控制相对困难^[12]。其生物力学原理如下：首先，由于压低力位于前

牙阻抗中心的唇侧,作用时使前牙产生冠唇向、根舌向的正转矩。其次,在切牙段弓丝入槽后,方丝与托槽沟间存在的第三序列角度差异,也会在前牙产生冠唇向、根舌向的正转矩。而第三序列的改变则进一步对第二序列产生影响。

Andrews^[13]的研究表明,前牙段弓丝每增加4°转矩,前牙的轴倾度将会减小1°。为了使该不良反应最小化,可以采用多用途弓的末端回弯,或在切牙段增加负转矩的方法加以实现。

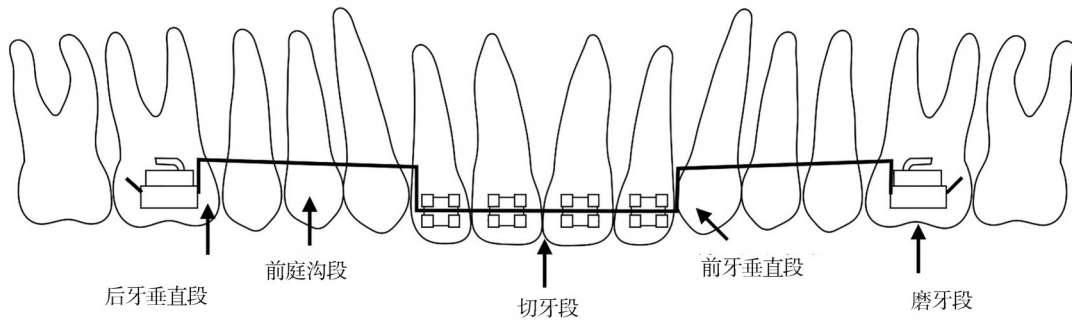


图 2 Ricketts 多用途弓

Fig 2 Ricketts utility arch

1.3 三段式片段弓 (three-piece intrusion arch) 压低技术

1995年, Shroff等^[14]为了实现前牙的绝对压低,共同开发了三段式片段弓压低技术。该压低系统由两侧后牙段弓丝、两侧后倾簧 (tip-back spring)、前牙段弓丝,以及横腭杆或舌弓组成 (图3)。其中,后牙段弓丝连接第一、第二磨牙及

第二前磨牙,多使用0.432 mm×0.635 mm的不锈钢弓丝以增强稳定性;后倾簧远中端插入第一磨牙辅弓管,近中端在未激活状态时位于前庭沟底,多由0.432 mm×0.635 mm TMA弓丝弯制而成;前牙段弓丝入槽,并在侧切牙远中向龈方形成台阶,向远中延伸出牵引钩,常使用0.457 mm×0.635 mm或更大尺寸的不锈钢弓丝弯制。

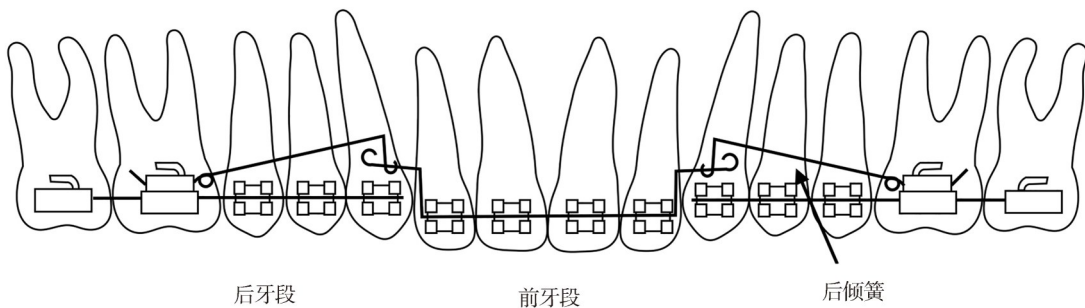


图 3 三段式片段弓压低辅弓

Fig 3 Three-piece intrusion arch

在临床实践中,激活的后倾簧可对前牙段施加每侧0.3 N压低力,同时磨牙与前牙段延伸钩之间的弹性牵引对前牙提供水平向内收力。通过调整内收力大小或施力方向灵活改变合力的方向,最终使合力平行于牙长轴并通过前牙阻抗中心,有效实现前牙的绝对压低。而正是由于水平力的存在,在磨牙上产生的反作用力方向被重新定位,减少了后牙远中倾斜的力矩,因此在使用三段式片段弓压低技术时,一般不需要头帽口外弓等辅助工具增加后牙支抗。

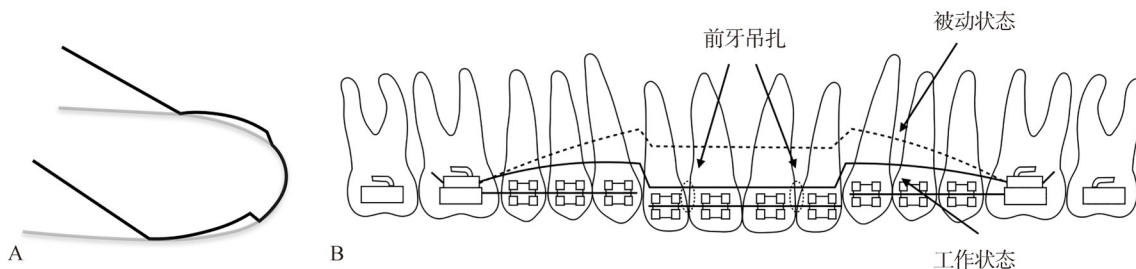
1.4 Connecticut 辅弓

1998年, Nanda等^[15]在Burstone辅弓和Ricketts多用途弓的基础上研发出一种新型压低辅弓,并命名为康涅狄格压低辅弓 (Connecticut intrusion arch, CIA)。CIA由一段连续的超弹镍钛合金预置而成,分为前牙段、前磨牙段和后牙段,弓丝型号分为0.406 mm×0.559 mm和0.432 mm×0.635 mm共2种 (图4)。后Nanda医生又推出了TMA材质的新式康涅狄格辅弓 (Connecticut new arch, CNA)。由于TMA线材具备刚度较强、弹性模量较低的特

点, 可提供更大的压低力并缩短压低时长; 同时, 基于TMA线材具有可弯制的特性, 医生可根据需要进行曲的弯制及末端回弯等操作^[16]。

由于CIA/CNA为预置弓丝, 极大减少了椅旁时间, 术者仅需通过调节后倾弯的大小将压低力调

整为适宜即可。通过将辅弓的后牙段插入磨牙辅弓管中, 前牙段吊扎在主弓丝上, 即可在前牙区获得0.4~0.6 N的压低力。为了减少上颌磨牙的不良反应, 此时主弓丝一般为0.483 mm×0.635 mm的不锈钢弓丝, 也可配合使用头帽口外弓增强后牙支抗。



A: 可通过V曲调节压低力的大小; B: CIA/CNA 就位于口内, 虚线为被动状态, 实线为激活后的工作状态。

图 4 Connecticut辅弓

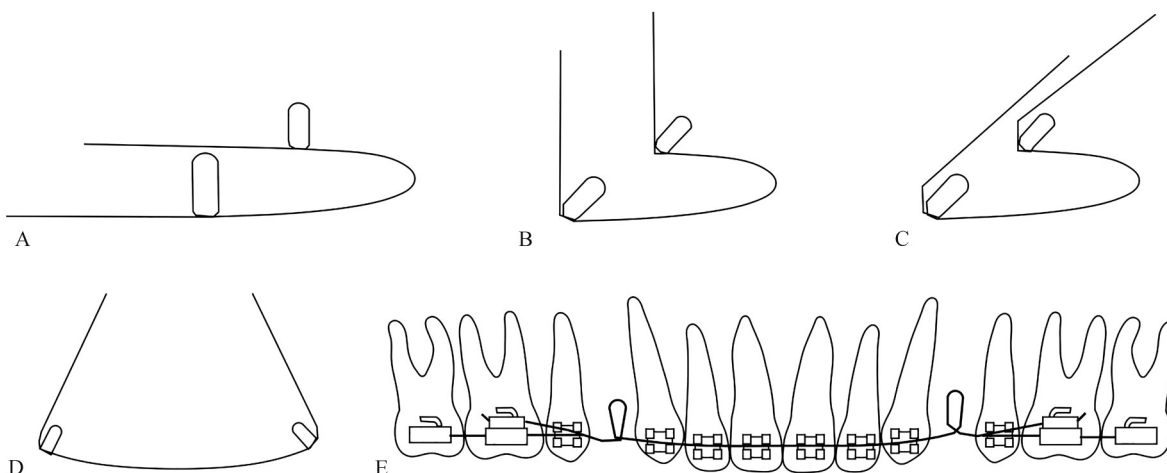
Fig 4 Connecticut intrusion arch

1.5 K-SIR (Kalra simultaneous intrusion and retraction) 弓丝

Kalra^[17]介绍了K-SIR弓丝及相应的矫治技术, 该技术适用于拔除第一前磨牙, 并需要在压低前牙的同时, 以最大支抗内收前牙的深覆胎、深覆盖患者。K-SIR弓丝由0.483 mm×0.635 mm的TMA弓丝弯制而成, 以提供足够的强度抵抗形变。弯制时, 在双侧尖牙远中各形成一个7 mm×2 mm的U型关闭曲 (图5A); 随后分别在U型曲的近远中弯制V型曲, 使其近远中段弓丝呈90° (图5B); 然后在U型曲远中2 mm处弯制60°的龈向V型曲 (图5C); 最后在U型曲远中弯制20°内收曲

(图5D)。相较于其他辅弓, K-SIR弓容易弯制, 且舒适度较高。

在临床应用时, 第二前磨牙和第一磨牙用一段0.483 mm×0.635 mm的TMA弓丝相连, 辅弓远中插入第一磨牙的辅弓管中, 前牙段进入前牙区托槽内 (图5E)。弓丝通过关闭曲及V型曲的激活同时产生内收力和压低力, 缩短了治疗时间, 并提高了矫治效率。同时由于内收力在磨牙上产生的近中倾斜的力矩, 与压低力在磨牙上产生的远中倾斜的力矩相互抵消, 在一定程度上减少了磨牙的不良反应^[18]。



A: 双侧尖牙远中各形成一个7 mm×2 mm的U型关闭曲; B: 在U型曲的近远中弯制V型曲, 使其近远中段弓丝呈90°; C: U型曲远中2 mm处弯制60°的龈向V型曲; D: U型曲远中弯制20°内收弯; E: K-SIR 就位于口内。

图 5 K-SIR压低技术

Fig 5 K-SIR appliance

2 临床疗效

2.1 前牙压低效果

不同的压低辅弓产生的前牙压低效应和压低效率存在一定区别。Shakti等^[19]的研究发现:在压低治疗16周后,CIA组产生的上前牙绝对压低量为1.4 mm(每月0.35 mm),而三段式压低辅弓组则为1.66 mm(每月0.415 mm),但无显著性差异。这可能是由于三段式压低辅弓通过上前牙阻抗中心,故更易产生绝对压低。Goel等^[20]进行了一项随机对照研究,比较了多用途弓和K-SIR弓的压低效率,结果发现:多用途弓在16周后上前牙平均压低1.6 mm(每月0.44 mm),而K-SIR弓则为1.25 mm(每月0.33 mm),存在显著性差异。不同辅弓产生的压低力也存在差异,一项有限元分析^[21]表明:使用0.432 mm×0.635 mm的TMA弯制多用途弓产生的压低力较同尺寸的Burstone辅弓大34%。总体而言,尽管没有任何一篇研究同时比较上述5种压低辅弓的压低效果,且不同的研究因为研究设计、病例选择的差异导致结论有所出入,但所有的压低辅弓都可以有效实现前牙的绝对压低。

除了辅弓类型,弓丝尺寸和材料性质也会影响压低效果。Sharma等^[22]对50名患者进行了为期4个月的下前牙压低治疗,结果发现:CIA组下前牙绝对压低量为1.05 mm,CNA则为1.3 mm,两者具有显著差异。这可能是CNA可产生更大的压低力,在临床实践中,CIA产生的压低力为0.35~0.45 N,而CNA产生的压低力则为0.5~0.6 N。同时末端回弯也会对压低效果产生影响,通常来说进行末端回弯可减少相对压低的发生。一项前瞻性研究^[23]表明:进行末端回弯的CIA在压低上颌前牙的过程中会产生切牙的舌倾和内收,而未回弯的CIA的上前牙则表现为唇倾和突出。

综上所述,在临床实践中,需要根据目标压低量及压低方式选择合适的压低辅弓类型,同时可通过弓丝尺寸、材质、末端回弯等对前牙压低进行调节。

2.2 牙根吸收

正畸导致的牙根吸收是正畸压低过程中最常见的并发症之一。不同的辅弓类型引起的牙根吸收程度有所不同。Goel等^[20]利用根尖片评估了多用途弓和K-SIR对于牙根的影响,在进行了为期约

4个月的压低治疗后,多用途弓平均引起1.56 mm的牙根吸收,显著性大于K-SIR引起的1.08 mm。Goel等将其解释为多用途弓产生的更大的压低量,使得根尖在牙槽骨内移动的距离更长,因此产生了更多的牙根吸收。Costopoulos等^[24]利用Burstone辅弓对上前牙进行压低,结果发现:4个月后上中切牙平均压低1.9 mm,牙根平均缩短0.6 mm。另一项研究^[25]发现:利用CIA治疗5.8个月后,平均产生了2.23 mm的切牙压低量和0.91 mm的牙根吸收量。由于临床研究的异质性较大,无法对不同辅弓产生的牙根吸收量进行客观评价,未来需要进行更全面的研究。

除此之外,很多其他的因素也会影响牙根吸收的严重程度。压低力的大小通常被认为和牙根吸收之间存在一定的相关性,压低力越大,牙根吸收发生的可能性越高,程度越严重。McFadden等^[26]认为:牙根吸收的程度还与治疗时长和牙位存在一定相关性,上前牙在压低过程中牙根缩短量平均为1.84 mm,下前牙则为0.61 mm,存在显著性差异。然而Dermaut等^[27]则认为:牙根吸收程度与压低量和持续时间之间均不存在相关性,鼻底等骨性结构才是引起牙根吸收的主要原因。也有部分学者认为:治疗前后,前牙唇倾度的改变是牙根吸收的重要因素。

综上所述,在使用压低辅弓过程中出现的牙根吸收与多种因素有关,在临床中正畸医生需根据患者的初始条件及目标位,提前评估可能出现的牙根吸收风险程度,选择合适的压低方式。

2.3 牙周效应

正畸牙齿移动必然伴随着牙槽骨的改建。多项研究^[28-29]显示:正畸治疗中出现骨开裂、骨开窗的风险与术前牙槽骨厚度具有一定的相关性。据报道^[30]:前牙区牙槽骨厚度为牙列中最薄的位置,上颌前牙区骨板厚度为0.4~1.9 mm,下前牙则为0.4~3.7 mm。因此,前牙在正畸移动过程中更容易出现牙槽骨丢失。Kaied等^[31]利用CBCT数据比较了多用途弓和三段式辅弓对牙槽骨的影响,结果发现:两者引起的牙槽骨改建模式有所不同,其中,片段弓组上前牙唇侧牙槽骨高度降低较明显,除下前牙唇侧,其余部位牙槽骨厚度均降低;而多用途弓组在下前牙区的牙槽骨降低更明显,唇舌侧牙槽骨厚度均降低。尽管两者都会引起骨开裂、骨开窗,但多用途弓引起的牙槽骨丢失更为严重。这些差异可能与压低力的大小和位置有

关，三段式辅弓可以通过改变压低力方向减小前牙的唇倾，最大限度避免牙齿移动突破牙槽骨界限。Atik等^[32]发现：Burstone压低辅弓也会引起相似的变化，上前牙唇侧牙槽骨高度和厚度均会出现显著性降低，这可以归因于压低过程中前牙唇倾度增加。

在牙齿移动过程中也伴随着相应的牙周软组织改建。Erkan等^[33]利用多用途弓对16名青少年进行了下前牙压低治疗，结果发现：治疗前后的菌斑指数、牙龈指数、龈沟深度、探诊出血、附着水平等指标差异均无统计学意义，但角化龈和附着龈宽度较治疗前略有减小，临床牙冠高度显著减少；正畸压低下颌中切牙过程中，龈缘和膜龈联合均随牙齿同向移动，其移动的距离分别为牙齿实际垂直移动的79%和62%。而正是由于牙龈与牙齿移动距离的不一致，因此在治疗结束后为了恢复临床牙冠高度，有牙龈切除的可能。

2.4 磨牙效应

以磨牙作为支抗的压低辅弓在磨牙上产生的不良反应具有相似性，且与Burstone所描述的生物力学效应基本一致。一项关于CIA的临床试验^[34]表明：CIA在实现上颌前牙2.2 mm绝对压低后，上颌磨牙平均伸长0.8 mm，近中颊尖远中移动

0.8 mm，且轴倾度增加9.8°，均较治疗前存在显著性差异。尽管K-SIR弓所施加的内收力可减少部分磨牙的不良反应，但Verma等^[35]的研究表明：K-SIR在治疗结束后磨牙仍平均伸长了0.53 mm。Kale Varlık等^[36]对31名使用多用途弓压低下颌前牙的成年患者进行了为期5年的观察，结果发现：在治疗结束时下颌第一磨牙仍发生了0.8 mm的伸长。在Dake等^[37]的研究中，多用途弓引起的下颌磨牙的伸长更为显著，达到了2.6 mm。这些结果的差异可能是由于治疗计划的不同所造成的。Kale Varlık等^[36]采用分段式弓加强后牙支抗，同时将压低力控制在0.4 N以下，减少了磨牙支抗消耗，因此磨牙伸长不明显。

据一些学者^[15]的报道：1 mm的磨牙伸长可有效减小1.5~2.5 mm的前牙覆骀。换言之，在均角或低角的患者中磨牙的伸长有利于解除前牙深覆骀。尽管如此，最理想的牙齿移动和最小的不良反应是正畸的重要目标，因此，在使用压低辅弓过程中应尽可能对磨牙支抗进行控制。例如，使用口外弓、舌弓等辅助工具加强支抗，或在后牙段使用较粗的不锈钢丝，或减小压低力等措施均可减小磨牙的不良反应（表1）。

表 1 不同压低辅弓特征、疗效及优缺点比较

Tab 1 Comparison of characteristics, clinical effects, advantages and disadvantages of various intrusion arches

| 辅弓类型 | 力偶类型 | 压低力值/N | 弓丝材质 | 绝对压低值/mm | 优点 | 缺点 |
|----------------|------|----------|------------------|------------------|--|--|
| Burstone 压低辅弓 | 单力偶 | 0.6 | 不锈钢丝 | 1.8 (每月0.45) | 1) 压低效率高; 2) 压低力持续轻柔 | 1) 磨牙支抗消耗大; 2) 前牙易唇倾 |
| Ricketts 多用途弓 | 双力偶 | 1.25~1.6 | 不锈钢丝或钴铬合金丝 | 1.6 (每月0.44) | 1) 压低效率高; 2) 弯制简单 | 1) 前牙三维控制困难; 2) 牙根吸收较显著; 3) 磨牙支抗消耗较大 |
| 三段式片段弓压低技术 | 双力偶 | 0.6 | 前牙段TMA丝, 后牙段不锈钢丝 | 1.66 (每月0.42) | 1) 灵活调整压低力方向; 2) 后牙支抗消耗少; 3) 牙槽骨损伤较少 | 1) 弯制复杂; 2) 舒适度较差 |
| Connecticut 辅弓 | 单力偶 | 0.4~0.6 | 超弹镍钛丝和TMA丝 | 1.4 mm (每月0.35) | 1) 操作方便, 椅旁时间少; 2) 压低力持续轻柔 | 1) 压低效率较低; 2) 非个性化定制 |
| K-SIR 弓丝 | 双力偶 | 1.25 | TMA 丝 | 1.25 mm (每月0.33) | 1) 压低内收同时进行, 缩短整体治疗时间; 2) 磨牙不良反应小 | 1) 适应证较局限; 2) 前牙压低量较少 |

3 总结与展望

基于现有临床证据，压低辅弓是一种矫正前牙深覆骀的有效措施。目前的研究多聚焦于不同压低辅弓产生的临床效应，但对于其引起的牙槽

改建、牙根吸收等不良反应的高质量研究仍不足。同时由于不同研究中压低辅弓的类型、线材、压低力大小以及治疗方案各有不同，因此很难对其产生的效应进行系统全面的评价。

在临床实践中，医生根据目标位和患者牙和骨的情况选择合适的辅弓类型，并适时调整压低

力的大小和方向。同时,不同患者对于牙根吸收、牙槽骨骨质流失等并发症的易感性存在差异。故需通过CBCT等辅助技术准确评估牙根周围骨组织、软组织条件,并采取相应预防措施。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

4 参考文献

- [1] Yu X, Zhang H, Sun LY, et al. Prevalence of malocclusion and occlusal traits in the early mixed dentition in Shanghai, China[J]. PeerJ, 2019, 7: e6630.
- [2] 程锦,刘冬梅,曾照斌,等.辽宁地区成人深覆殆患者颌面部硬组织形态特征的CBCT研究[J].实用口腔医学杂志,2017,33(3):364-367.
Chen J, Liu DM, Zeng ZB, et al. A CBCT study of the hard tissue morphology of the maxillofacial region in adult patients with deep overbite in Liaoning area[J]. J Pract Stomatol, 2017, 33(3): 364-367.
- [3] Huang GJ, Bates SB, Ehlert AA, et al. Stability of deep-bite correction: a systematic review[J]. J World Fed Orthod, 2012, 1(3): e89-e96.
- [4] 陆史俊,王林,王震东.前牙压低技术在深覆殆患者矫治中的应用进展[J].国际口腔医学杂志,2011,38(6):674-676,680.
Lu SJ, Wang L, Wang ZD. Progress of anterior teeth intrusion in deep overbite treatment[J]. Int J Stomatol, 2011, 38(6): 674-676, 680.
- [5] Rozzi M, Mucedero M, Pezzuto C, et al. Long-term stability of curve of Spee levelled with continuous archwires in subjects with different vertical patterns: a retrospective study[J]. Eur J Orthod, 2019, 41(3): 286-293.
- [6] Ghafari JG, Macari AT, Haddad RV. Deep bite: treatment options and challenges[J]. Semin Orthod, 2013, 19(4): 253-266.
- [7] Deguchi T, Murakami T, Kuroda S, et al. Comparison of the intrusion effects on the maxillary incisors between implant anchorage and J-hook headgear[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008, 133(5): 654-660.
- [8] 邓晓姝,黄宁,陈绪道,等.压低辅弓有效改正成人前牙深覆殆的正畸治疗[J].国际口腔医学杂志,2011,38(4):395-398.
Deng XS, Huang N, Chen XD, et al. Intrusive auxiliary arch can correct the anterior deep bite in adult patients effectively[J]. Int J Stomatol, 2011, 38(4): 395-398.
- [9] Braun S, Marcotte MR. Rationale of the segmented approach to orthodontic treatment[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1995, 108(1): 1-8.
- [10] Burstone CR. Deep overbite correction by intrusion[J]. Am J Orthod, 1977, 72(1): 1-22.
- [11] Ricketts RM. Bioprogressive therapy as an answer to orthodontic needs Part I [J]. Am J Orthod, 1976, 70(3): 241-268.
- [12] Davidovitch M, Rebellato J. Two-couple orthodontic appliance systems utility arches: a two-couple intrusion arch[J]. Semin Orthod, 1995, 1(1): 25-30.
- [13] Andrews LF. The six keys to normal occlusion[J]. Am J Orthod, 1972, 62(3): 296-309.
- [14] Shroff B, Lindauer SJ, Burstone CJ, et al. Segmented approach to simultaneous intrusion and space closure: biomechanics of the three-piece base arch appliance[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1995, 107(2): 136-143.
- [15] Nanda R, Marzban R, Kuhlberg A. The connecticut intrusion arch[J]. J Clin Orthod, 1998, 32(12): 708-715.
- [16] Bagri K, Kannan S, Singh AK, et al. Orthodontic management of deep bite in adult: a review[J]. TMU J Dent, 2018, 5(2): 23-26.
- [17] Kalra V. Simultaneous intrusion and retraction of the anterior teeth[J]. J Clin Orthod, 1998, 32(9): 535-540.
- [18] Raje Batham P, Diana Pereira Kalia U, Ramchandani B. An innovative use of the K-SIR arch[J]. IP Indian J Orthod Dentofac Res, 2020, 4(3): 161-163.
- [19] Shakti P, Ani GS, Peter E, et al. Maxillary incisor intrusion using two conventional intrusion arches and mini implants: a prospective study[J]. J Contemp Dent Pract, 2021, 22(8): 907-913.
- [20] Goel P, Tandon R, Agrawal KK. A comparative study of different intrusion methods and their effect on maxillary incisors[J]. J Oral Biol Craniofac Res, 2014, 4(3): 186-191.
- [21] Sifakakis I, Pandis N, Makou M, et al. A comparative assessment of the forces and moments generated with various maxillary incisor intrusion biome-

- chanics[J]. *Eur J Orthod*, 2010, 32(2): 159-164.
- [22] Sharma S, Vora S, Pandey V. Clinical evaluation of efficacy of CIA and CNA intrusion arches[J]. *J Clin Diagn Res*, 2015, 9(9): ZC29-ZC33.
- [23] Schwertner A, Almeida RR, Gonini A Jr, et al. Photoelastic analysis of stress generated by Connecticut Intrusion Arch (CIA)[J]. *Dental Press J Orthod*, 2017, 22(1): 57-64.
- [24] Costopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1996, 109(5): 543-548.
- [25] de Almeida MR, Marçal ASB, Fernandes TMF, et al. A comparative study of the effect of the intrusion arch and straight wire mechanics on incisor root resorption: a randomized, controlled trial[J]. *Angle Orthod*, 2018, 88(1): 20-26.
- [26] McFadden WM, Engstrom C, Engstrom H, et al. A study of the relationship between incisor intrusion and root shortening[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1989, 96(5): 390-396.
- [27] Dermaut LR, De Munck A. Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive tooth movement: a radiographic study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1986, 90(4): 321-326.
- [28] Matsumoto K, Sherrill-Mix S, Boucher N, et al. A cone-beam computed tomographic evaluation of alveolar bone dimensional changes and the periodontal limits of mandibular incisor advancement in skeletal Class II patients[J]. *Angle Orthod*, 2020, 90(3): 330-338.
- [29] Guo R, Zhang L, Hu M, et al. Alveolar bone changes in maxillary and mandibular anterior teeth during orthodontic treatment: a systematic review and meta-analysis[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2021, 24(2): 165-179.
- [30] Han JY, Jung GU. Labial and lingual/palatal bone thickness of maxillary and mandibular anteriors in human cadavers in Koreans[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2011, 41(2): 60-66.
- [31] Kaied IB, Tanielian RH. Comparative radiographic evaluation of the alveolar bone support changes after incisal intrusion[J]. *Orthodontics (Chic)*, 2012, 13(1): 60-71.
- [32] Atik E, Gorucu-Coskuner H, Akarsu-Guven B, et al. Evaluation of changes in the maxillary alveolar bone after incisor intrusion[J]. *Korean J Orthod*, 2018, 48(6): 367-376.
- [33] Erkan M, Pikdoken L, Usumez S. Gingival response to mandibular incisor intrusion[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007, 132(2): 143.e9-143.e13.
- [34] Senşık NE, Türkahraman H. Treatment effects of intrusion arches and mini-implant systems in deepbite patients[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012, 141(6): 723-733.
- [35] Verma P, Jain RK. Intrusion effects on maxillary anteriors using mini implant anchorage and K-sir loop in subjects with deep overbite—a cohort study[J]. *J Clin Diagn Res*, 2020: 21-25.
- [36] Kale Varlık S, Onur Alpakan Ö, Türköz Ç. Deepbite correction with incisor intrusion in adults: a long-term cephalometric study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013, 144(3): 414-419.
- [37] Dake ML, Sinclair PM. A comparison of the Ricketts and Tweed-type arch leveling techniques[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1989, 95(1): 72-78.

(本文编辑 王姝)