自动弓丝弯制系统

Bending Art System – State of the art and first impressions
Vittorio Cacciafesta, Rainer – Reginald Miethke, Paul – Georg Jost – Brinkmann
原载 Kieforothop1995; 9: 247 – 254,(英文)

刘大为 译

摘要 自动弓丝弯制系统(BAS)是首台用于弯制个性化正畸弓丝的计算机辅助设备。它由三个部分组成:一个口内立体摄像机、一套计算机程序和弓丝弯制器。据此能够生产出个性化的、实践证明非常准确的、具有第一、二、三序列弯曲的弓丝。托槽经过准确定位,并经过操作者认定后,上下牙弓的殆面扫描图就可以显示在计算机屏幕上。然后,临床医师就可以确定每个牙齿的理想三维空间位置,并依此设计适宜的弓丝形态。

最早提出 BAS 概念的是 Fischer – Brandies 和 Orthuber 两位医生(1984)。后来,在 Geyer 公司的帮助下,他们开发了能够三维记录托槽位置的口内摄像装置及相应的软件。这套系统可以帮助医生进行弓丝设计。1993 年,两位德国正畸医生 Jost – Brinkmann 和 Miethke 对当前和未来计算机技术应用的现状进行的评估,向德国和日本两国从事正畸专业的计算机专家提出能否用 10 年左右的时间将临床上所获得的电子信息资源进行自动化处理,并进一步设计正畸弓丝自动弯制系统(BAS – Bending Arch System)。同年,BAS 的第一代原始雏形出现了。从 1994 年至今,又经历了无数次的软件研制、开发和改进。而今,由于直丝弓矫治器的流行和应用,所有弓丝的三维方向上的弯制被复杂设计的托槽所取代。但是,只有将直丝弓技术中所有的托槽放置在具有最佳外形牙齿上的最佳位置时,只有拥有第二序列弯曲的弓丝才能将牙弓内所有的牙齿引入其最佳的位置。但是,以上所提到的 2 个必须条件难以保证,因此还是需要个体化的弓丝弯制来完成最终理想的矫治任务。利用 CAD/CAM 技术弯制弓丝就能达到上述精密弯制弓丝的要求。

译者:北京医科大学口腔医学院
北京海淀区白石桥路 38 号 100081

以下简述 BAS 系统的构成:(1)口内摄像机;(2)计算机(软件)程序;(3)弯制弓丝的 CAM 设备。每个部分均独立成体系,相互间由电缆相接。每一部分如果出现问题,则可很方便地在 30 分钟内进行更换。

(1)口内立体摄像机:电荷耦合装置(Charge Coupled Device)像机可以很容易地完成在口内和在模型上对上下颌的牙弓殆面进行扫描。摄像头表面则由一层有机玻璃罩保护(与牙齿接触)(图 1),每个病人均进行更换。弓丝弯制要求对牙弓的左右侧进行摄像记录。所摄入的图像由内部的计算机程序进行综合后,形成在计算机屏幕上显示的最终的牙弓形态图(图 2)。每个牙弓 1/4 象限的扫描时间约 4 秒。此间,摄像窗移动 4 次:先前移 25 度、后移 5 度;再重新扫描一次,以核实患者是否移动(图 3)。由于患者的身高、体位的不同,摄像机头可以转动和调节高度。摄像头工作光源为摄像头自身的常规电光源。需要指出的是,这里所提到的立体摄像实际并非真实意义上的三维扫描(后者每个牙弓至少耗时 20 分钟)。患者头位固定在头颅固定叉架中,前额部通过伸出的支撑杆以及软垫进行固定(图 4a、b)。口内扫描前,测量板插入托槽沟内并牢固结扎橡皮圈(图 5)。

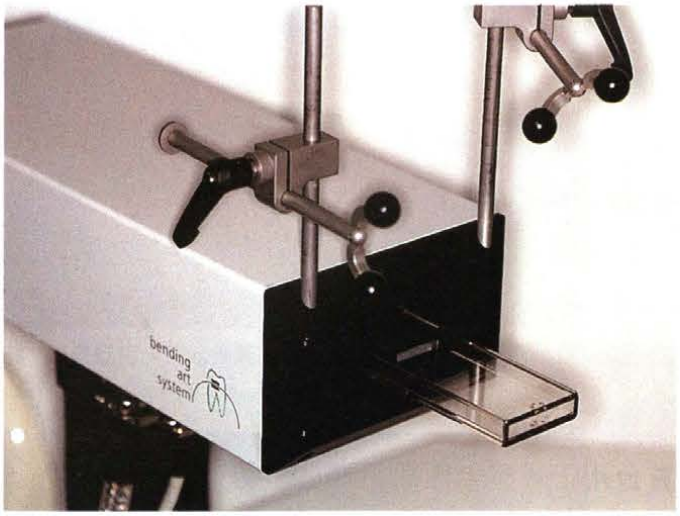


图 1 (口内)立体摄像机:薄层玻璃盒能够保护镜头,并可反复消毒使用

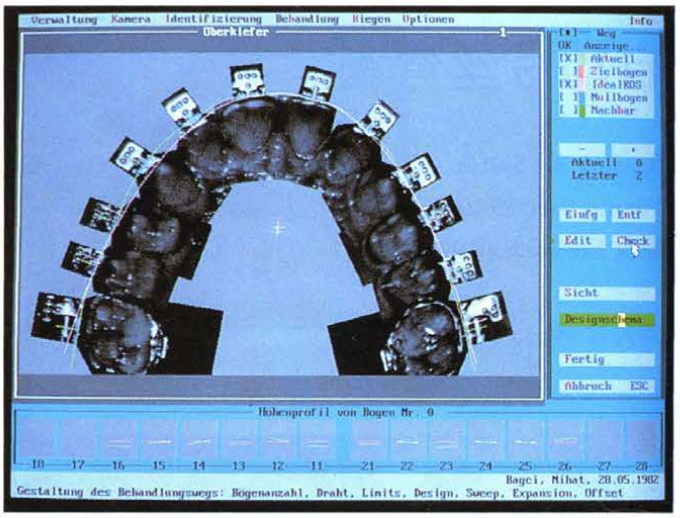


图 2 本系统可以将右半侧和左半侧牙弓扫描图像合在一起成为一个殆面图像

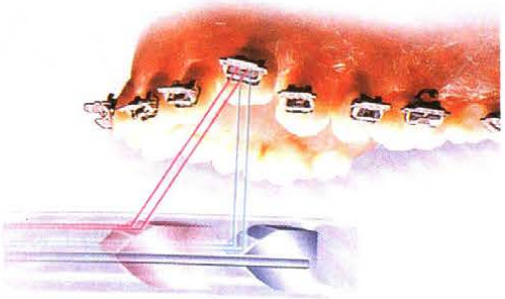
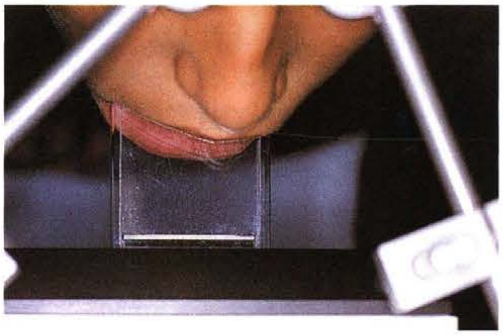


图 3 可以移动到不同角度的 BAS 摄像头提供了三维测量的基础



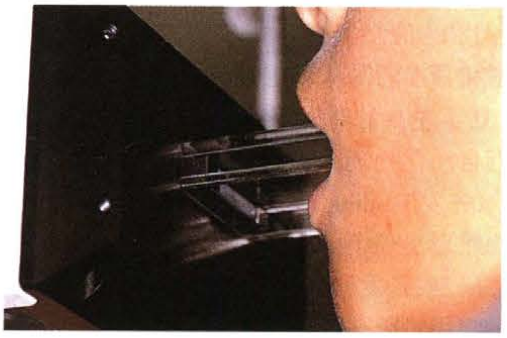
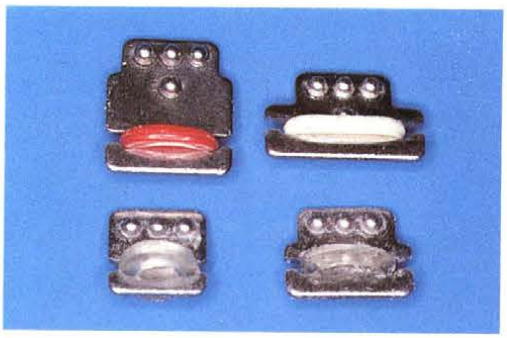


图 4a、b 测量中患者的位置
a. (上左): 殆面, b. (上右):侧方

图 5(右) 将测量板纳入托槽槽沟(Typodont 模型上)



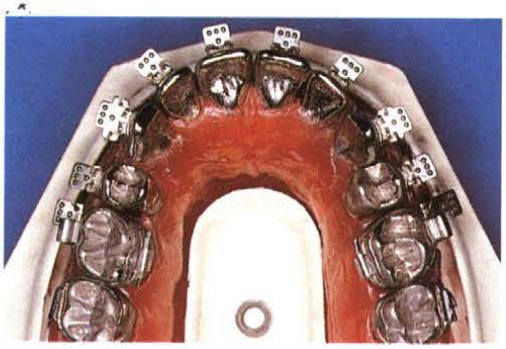


图 6(上左) 不同型号测量板:小号、中号、大号。左侧上方的测量板向颊侧延伸是为了就位于重度不齐的牙齿(见于摄像头下有倒凹的情况)

图 7(上右) 磨牙颊面管测量板。出于同样原因,上部向颊侧延伸(如图 6)。这些是最常使用的测量板

图 8(左) 测量板已经正确纳入托槽和颊面管(Typodont 模型)

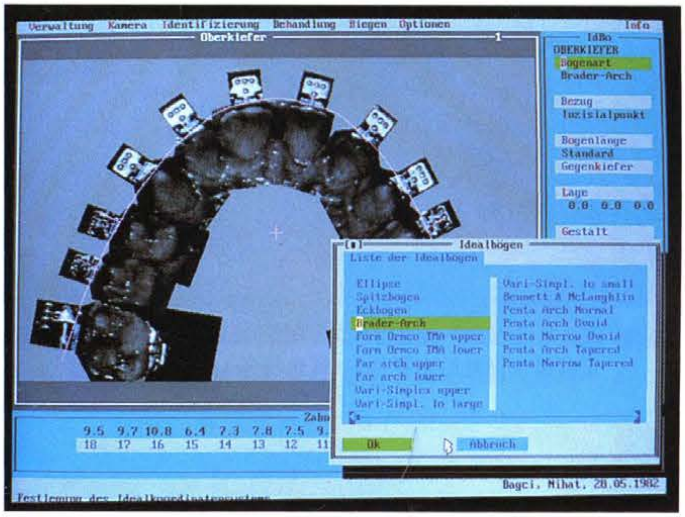


图 9 殆面图像上理想弓形的数值和选择

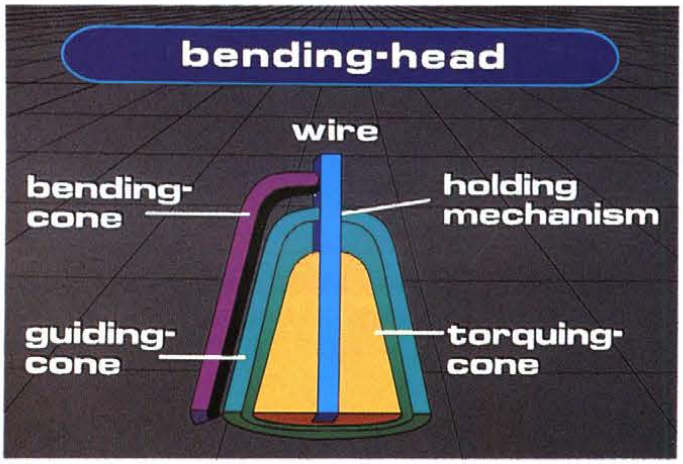


图 10 弓丝弯制部分的组成

这些不锈钢测量附件通用于 0.018″和 0.022″规格托槽,其作用在于测量每个(各种类型)托槽的成角、转矩和旋转度。这可以通过在识别过程中的 4 个标志孔而实现(图 6-8)。

临床医生可以通过屏幕上的立体成像机所采取的图像,进一步确认各测量板上由计算机所提供的各个标志点位置。最后,以殆平面为参考平面,通过计算机程序计算出托槽槽沟的轴倾度与转矩。

(2)计算机软件:由德国 Geyer 公司和 Kiel 大学共同开发,数据库以 SQL 为基础。定点确认以后,临床医生则可以直接在殆面图像上得出理想弓形及其大小(图 9)。由于整个程序通过下拉式菜单和 PC 鼠标进行控制,每个治疗步骤的情况均可以清晰地显示在计算机的屏幕上。对于即使没有多少计算机知识的人其操作

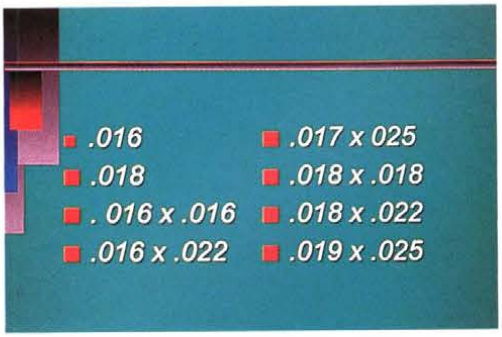


图 11 BAS 系统能够处理的不同横截面积的不锈钢丝

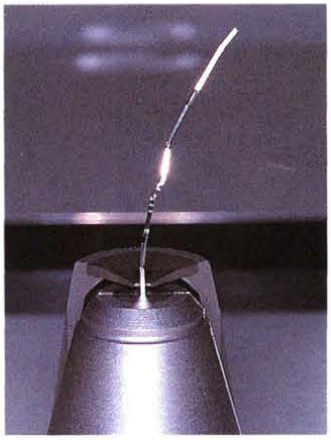


图 12 系统正在进行弓丝弯制和转矩操作

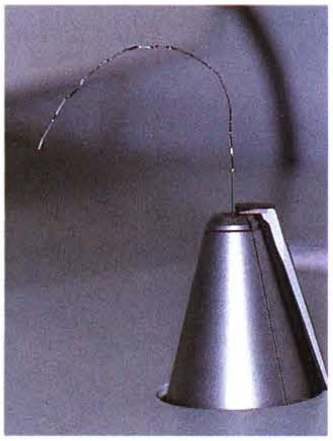


图 13 弯制结束的弓丝可以用于患者的口内操作

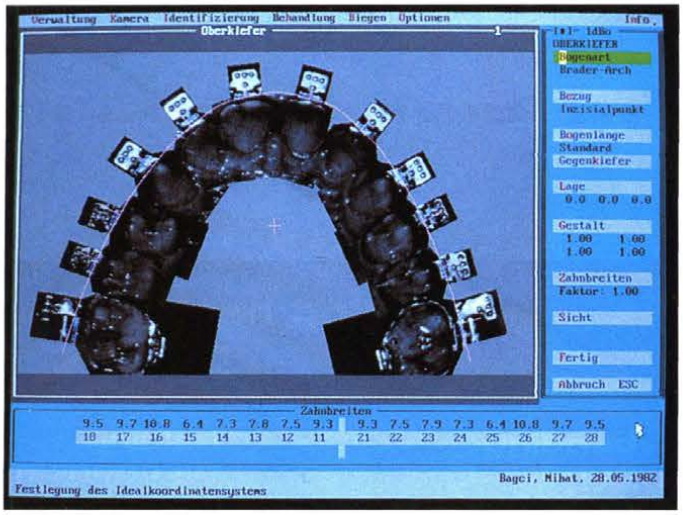


图 14 理想弓形状态下患者上颌牙弓的殆面相(紫色线条)

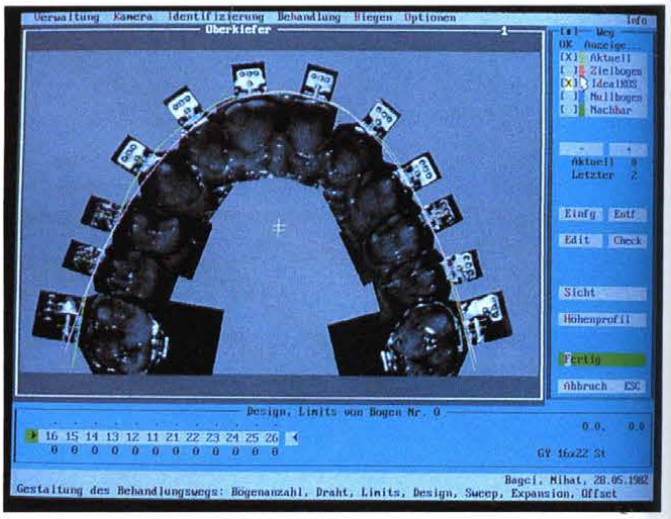


图 15 理想弓形状态下患者上颌牙弓的殆面相(紫色线条),与正畸医生设计的实际弓形(绿色线条)

也十分简便。

(3)弯制器(CAM):由三部分构成:即外固位锥、内转矩锥和压杆(图 10)。计算机程序依据不同的几何数值将每根弓丝弯成一连串连续的曲(含转矩)。弯制器可以处理各种规格的不锈钢直弓丝(图 11)。钢丝直接由上部插入中心孔,然后渐次拉至锥体尖端,通过压杆的移动进行弯制(图 12,13)。另外,在制作转矩时,则转矩锥体相对于固位锥进行旋转。由于弓丝在整个过程中仅进行一次弯动(或转矩),因此就降低了弓丝存在的应力。一般来讲,5-6 分钟就可以弯成一根复杂的弓丝。

在治疗开始时,医生需要在屏幕上设计个体化的理想弓形,计算机据此才能计算出各个牙齿的移动量。然后,医生要决定采用多少个步骤/(组)的弓丝来实现这种运动(图 14-18)。这就是说,医生需要选择弓丝的数量、尺寸及其形态(被动、主动、多用途弓、截断弓、曲)等;同时要决定患者牙弓横向宽度上的牙齿移动(从 0% 到 100%)。

BAS 系统能够做到对每一颗牙齿进行近远中、唇舌向、殆龈向,以及适宜转矩、轴倾度和旋转的控制(图 19)。由于弯制系统本身由微机控制,因此弯制过程可以脱离主计算机进行工作。

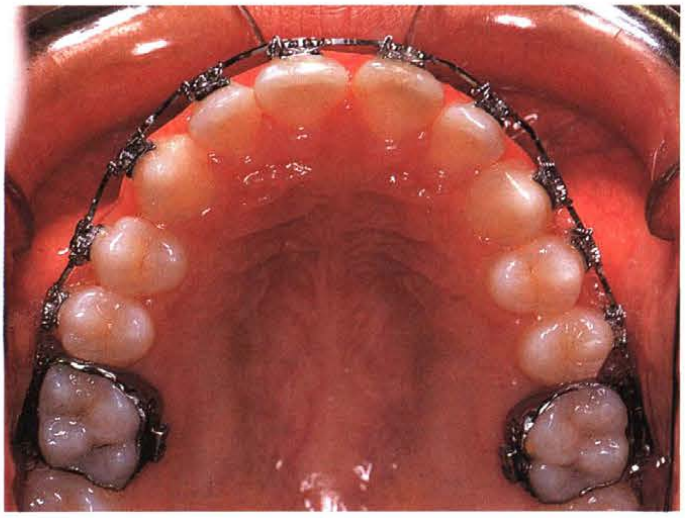


图 16 将设计唇弓结扎于牙弓后，患者上颌牙弓的殆面相

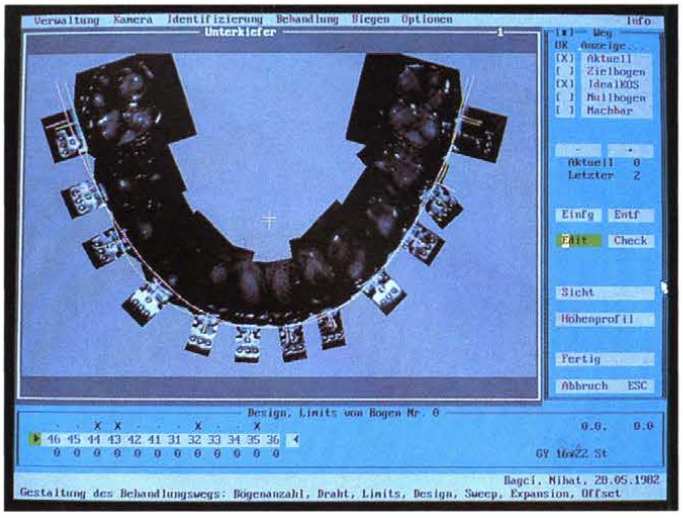


图 17 理想弓形状态下患者下颌牙弓的殆面相（紫色线条），正畸医生设计的实际弓形（绿色线条）

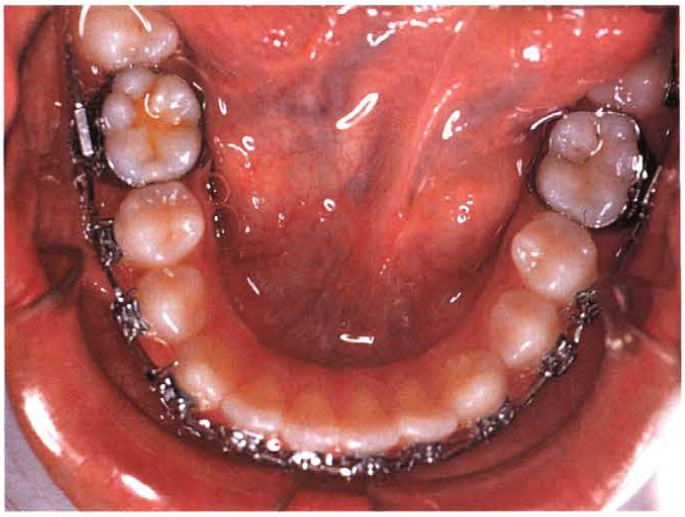


图 18 将设计唇弓结扎于牙弓后，患者下颌牙弓的殆面相

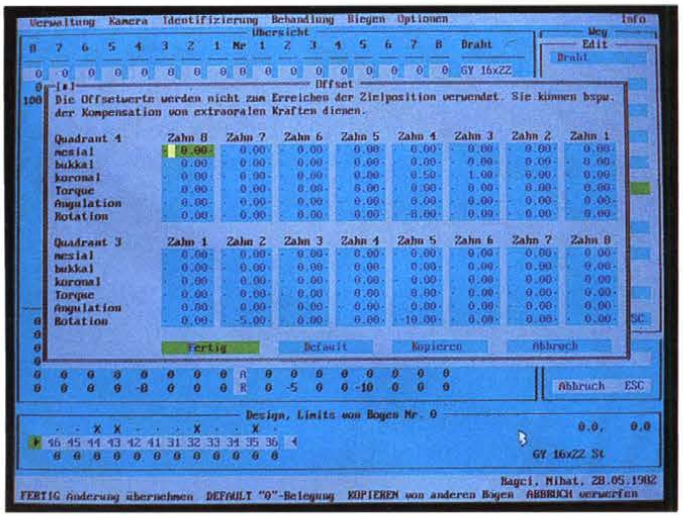


图 19 每个牙齿近远中、唇颊向、殆龈向正确位置及其适宜转矩、旋转和轴倾度的可能值

讨论

为了进行牙齿的三维控制和移动，就需要设计个体化的理想弓形。在此之前，明确的治疗目标就显得至关重要。BAS 系统是最先进的计算机控制的弓丝弯制系统，它可以在三维（第一、二、三个序列弯曲上）进行准确的牙齿移动。这对于完成弓丝来讲尤为必要。医生大都有过这样的经历：当采用个性化弓丝经两三次复诊后，你突然发现费了很大的力气弯制的一个新的理想唇弓再也放不到口中（因为第一、二序列弯曲消耗了弓丝长度，带来了曲相对于托槽的移位）。如果采用 BAS 系统就不存在这样的问题，它能够绝对准确地弯制出手工所能达到的标准。每次复诊，均能弯制一个理想的弓形，在加入特殊部分的同时、保留已经达到的所有治疗结果。

BAS 系统的另一大特征就是能够将牙齿固定在一起。这将有助于临床医生仔细分开作为移动对象（主动单位）和作为支抗（被动单位）的牙齿。在技术上，一般称为“截断弓矫治技术”。

为了获得支抗单位的牙周韧带中应力分布的均衡，粗硬的被动不锈钢弓丝可将所有的支抗单位牙齿连接成一体，共同抵抗反作用力，而无任何副反应。

由于牙齿的排齐对于一个牙齿单位与其它单位间存在很大差异，这样改变弓丝不同部位的形态和截面就非常关键。因此，弹性和硬弓丝的理想性能对于达到理性的矫治目标尤为关键，对于支抗部位可以采用硬弓丝，对于移动对象可以采用弹性弓丝。

目前，BAS 系统只能弯制不锈钢丝，因此，在截断弓技术中仅能够弯制被动弓段。但这丝毫不能损失其价值。因为要弯制不锈钢弓丝以适应所有的不规则牙齿上的托槽，需要很高的技术和花费大量时间。即便如此，也很难做到弓丝完全被动。而采用 BAS 系统则可高效、准确、可重复地进行被动弓丝的弯制。

小截面不锈钢丝比之于镍钛弓丝或 β 钛丝具有很高的负荷/形变率，后者弹性模量低、具有高回弹性。因此，对于牙齿严重不齐和/或拥挤的患者，在使用 BAS 以前，应采用弹性弓丝。另一方面，不锈钢丝即使加力很小（如 BAS 弯制的），对于最大程度地控制每个牙齿的移动亦具有优势。弹性整平弓丝可以带来很多副效应，如采用不锈钢丝这种情况则极少发生。当然，不锈钢丝的使用量则远多于弹性弓丝。

本系统的弯制机理决定了其不能弯制弹簧曲。因为沿外锥旋转弯制，当角度超过 180 度时，就会使弓丝和弯锥间产生阻扰，尤其对于小于 15mm 半径的一段弧线来讲更是如此。这样，BAS 就不能弯制 T 形曲、L 形曲，只能形成粗略形态，再用手工仔细修正。

由于医生需要进行理想弓形的设计，对于 BAS 往往错误理解为只是直丝弓矫治器的翻版。对于 BAS 来讲，它是将旋转、轴倾度、转矩以及内收/外展均做在弓丝上，而直丝弓技术则是将这些特征做在托槽上。这就省却了当托槽粘贴位置不对时重粘托槽（这在直丝弓技术中常常见到）。利用 BAS 医生可以仔细、严格地设计弓丝，避免了重新粘托槽造成的釉质损伤。重新粘托槽对于 BAS 系统也不成问题，即使是在治疗的完成阶段也可以。因为重新粘贴后还要再次进行殆面扫描，弓丝数据就会进行相应修改并自动储存，对治疗一点没有影响。相反，如果采用传统技术，在最后 0.017″×0.025″不锈钢弓丝的完成阶段重新粘托槽的话，则需要暂时换回弹性弓丝。

BAS 可以跨过几个托槽进行多用唇弓的弯制。但目前还不能进行无托槽的自由形态弓丝的弯制（例如粘接性舌侧保持器）。并非不能弯制，而是设计这样的弓丝存在一定问题。

采用 BAS 意味着要花费一些时间安装测量元件、扫描和设计弓丝，但后期却可以节省大量的人力和椅旁操作时间。

据目前的经验有一件事情需要告诉大家：治疗结束时咬合接触的质量很好，这样就省去了昂贵的末期矫治器，如正位器。