

蛤的生物学评价

第1章

上下颌牙齿的关系

术语“殆”不仅指上、下颌牙列之间的静态接触或者动态咬合接触关系，它包含更广阔的含义，即指在功能和功能紊乱中控制牙接触的咀嚼系统各组成成分之间的一种动态的生物学关系，主要包括咀嚼肌、颞下颌（temporomandibular, TM）关节和牙齿三者之间相互作用的整合。该系统的形态学和生理学的基本特征（颌骨肌特征、颌骨大小与形态、牙齿的萌出顺序）是由基因决定的，并在生长和发育过程中其功能关系逐渐成熟。一旦建殆过程完成后，咀嚼系统会因骨骼系统和咀嚼肌的改建、功能和功能紊乱而不断进行调整。

值得注意的是，功能异常对牙齿位置和磨损的影响可能是很重要的，骨骼和肌肉不断重塑以适应当时的情况，这个复杂的生物系统具有动态变化的特性。



摘要

本章回顾了临床调整咬合时重要的牙齿关系。这些研究包括对天然牙的牙接触位点的理解和用于治疗目的的颌位临床记录。本章总结了咬合关系，提出关于最佳的颌骨和牙齿接触关系等问题存在分歧意见，指出其在人口研究中存在差异，以及与颌骨肌肉疼痛和颞下颌关节紊乱病（temporomandibular disorder, TMD）可能有关联。

在咬合关系的简述中强调定义最佳的咬合方式的困难性。下颌边缘运动图在该领域的历史发展中具有重要意义，是了解边缘位置的有效工具。大量研究证实前伸和侧方切导的存在，最近的研究结果显示非正中殆的接触/干扰也是存在的。天然牙列与修复后的咬合情况是截然不同的。

已发表的论著并不能够对尚未明确的问题提供有力的证据，因此有必要进行更多精心设计的临床研究。然而令人鼓舞的是，最近已报道一些系统性回顾研究（Clark et al 1999, Forssell et al 1999, Marklund & Wänmann 2000, Tsukiyama et al 2001）和对照试验（Pullinger & Seligman 2000, Seligman & Pullinger 2000），其中有些是随机和双盲的。人们逐渐认识到关于下颌骨和髁突位置和运动的生理学研究，以及肌电图（EMG）研究，特别是深层颌肌，在技术上的要求很高，研究对象的招募也很困难。尽管有这些挑战，我们对于这个生物系统复杂性的认识有了长足的进步，其中包括咬合具有临床和社会心理特性的重要性。



关键点

- 咬合指确定牙齿关系的咀嚼系统各组成成分的动态生物学关系。
- 牙尖接触 (intercuspal contact, IC) 指上下颌牙齿之间牙尖、沟窝和边缘嵴的接触。
- 牙尖交错位 (intercuspal position, ICP) 指牙齿处于牙尖接触 (IC) 时下颌骨的位置。
- 最大牙尖吻合 (maximum intercuspation, MI) 是咬合达到最大范围时的牙齿接触。
- 正中咬合 (centric occlusion, CO) 是指下颌骨和髁突在正中位置时的 IC。
- ICP 和 CO 通常并不是同一个位置，也就是说，两者之间有一个间隙。
- 咬合中间位 (median occlusal position, MOP) 指从开口位快速闭口的过程中牙齿位置。
- 下颌后退位 (retruded jaw position, RP) 指髁突处于生理上可接受的诱导的下颌位置，临床用于转移上下颌关系。
- 后退接触位 (retruded contact position, RCP) 指当下颌骨处于下颌后退位 (RP) 时的牙齿接触位置。
- 正中关系 (centric relation, CR) 指髁突位于关节窝的前上位、与关节盘中间带保持接触、正对关节结节时的下颌位置。
- 下颌姿势位 (postural jaw position, PJP) 指当个体站立或者坐直，颌面部肌群处于松弛状态时，上下颌牙齿间会有间隙，这时下颌所在的位置。
- 咬合垂直距离 (occlusal vertical dimension, OVD) 指牙齿处于 ICP 时面部下 1/3 的垂直高度。

- 侧方颌位置：
 - 当下颌向对侧运动时，非工作侧（向内侧）向中线（或内侧）运动并发生接触。
 - 当下颌向一侧（即向左或右侧）运动时，工作侧（向外侧）从中线向侧方移动发生接触。该侧牙齿接触称为工作侧（或向外侧）接触。
- Bennett 运动指下颌侧方运动时髁突的侧向移动，也就是说髁突向外侧（工作侧）移动。
- Bennett 角指当髁突向前下、向中线运动时，非工作侧髁突水平面投影与矢状面的交角。
- 下颌前伸运动描述了一个向前（直线）的下颌运动，前伸的牙齿包括切牙发生接触。

牙齿接触和下颌位置

为了制订治疗计划、书写临床报告和实验记录，有必要对下颌和牙齿的位置进行准确描述，这就需要理解下列常规性术语：

- 牙尖接触 (IC) 指相对牙的牙尖、沟窝和边缘嵴之间的接触。
- 牙尖交错位 (ICP, IP) 指牙齿处于牙尖接触 (IC) 时下颌骨的位置。牙齿轻轻接触出现轻咬合；在这种情况下，牙齿接触点的数量和面积小于紧咬牙时的接触点数量和面积。ICP 是咀嚼时闭口相末期和开口相初期的牙齿接触位置。最自然的咬合指 ICP 接触，即支持牙尖的平面和倾斜面与对颌牙的窝沟或边缘嵴的接触。磨牙之间的接触面积最大，第一双尖牙下降到 67%，第二双尖牙则降至 37%。牙接触点的数目在轻咬和重咬之间大致相差两倍 (Riise & Ericsson 1983)。

- 最大牙尖接触 (MI) 是在紧咬牙时发生, 此时牙齿接触的数量和面积是最大的。牙齿接触的数量和面积增加, 势必会造成牙齿向牙周间隙的挤压。在健康牙周组织, 单个牙的牙周间隙可以是 $100\mu\text{m}$ 大小; 在有牙周疾病和牙槽骨丧失的情况下, 此值会更大。

相对于临床, ICP 和 MI 之间的区别在学术研究上更有价值; 但是, 在临床修复体完成时, 解剖牙的设计要考虑到牙齿接触的数量增加, 以保证在使用中不会承担过大的负荷。

- 正中咬合 (CO) 和 ICP 在临床应用时可能被认为是同一概念; 但是, 在《口腔修复学词汇》(*Glossary of Prosthodontic Terms*) 中 (Preston et al 1999), CO 指下颌骨在正中位置时的牙尖接触。CO 与 ICP 牙齿的接触关系可能是不同的。下颌骨处于正中关系时的牙接触 (CO) 往往处于比在 ICP 时更为后退的位置。在一项流行病学调查中, Posselt (1952) 发现天然牙的 CO 和 ICP 大约仅有 10% 是重合的。

在临床实践中, 全口义齿修复治疗时, 通常要将工作模型按照正中关系转移到咬合架上进行排牙和调整 (见下文)。按照定义, 上下义齿之间人工牙的排列是按照 CO 的殆标准进行的。

- 咬合中间位 (MOP) 是开口后快速闭口时动态的牙齿接触位置 (McNamara 1977)。MOP 牙齿接触被认为等同于功能性牙齿接触。MOP 牙齿接触仅在临床中使用, 在进行咬合分析时指导功能性牙齿接触。

使用超薄咬合纸 (如 GHM Foil, Gebr. Hansel-Medizinal, Nürtingen, Germany; Ivoclar/Vivadent, Schaan, Liechtenstein), 放置在上下颌牙齿之间 (牙齿需吹干, 保证咬合纸标记牙齿的接触), 可以检测到 MOP 的接触。

在临床评估时, MOP 和 ICP (牙齿轻轻接触) 很可能是一致的。

- 下颌后退位 (RP) 指髁突处于生理上可接受的诱导的下颌位置, 临床用于转移上下颌关系。这一位置在进行治疗操作时是可以重复的。由于颞下颌关节软硬组织各组成部分在不断地改建和适应, RP 并不总是在一个恒定的位置。RP 不依赖牙齿的接触。
- 后退接触位 (RCP) 指当下颌骨处于 RP 时的牙齿接触位置。
- 正中关系 (CR) 指髁突位于关节窝的前上位、与关节盘中间带 (薄且无血管的部分) 保持接触、正对关节结节时的下颌 (或者颞下颌关节) 位置 (Preston et al 1999) (图 1.1)。这个位置独立于牙齿而存在。

RP 和 CR 所描述的是相似的临床解剖关系。它是髁突在 RP 或 CR 时用于转移下颌关系的临床记录。

- 下颌姿势位 (PJP) 指当个体站立或者坐直, 颌面部肌群处于松弛状态时的下颌位置。此时, 在上下牙列或者颌骨之间存在可变的间隙, 称为 freeway 间隙或者息止殆间隙。PJP 由颌骨的重量和颌骨姿势肌群的黏弹性以及肌牵张反射所决定。由于肌梭受牵张导致支配闭颌肌梭外肌纤维的 α 运动神经元激活, 反射性引起闭颌肌的收缩。PJP 对于评价面部下 1/3 高度以及为有牙列和无牙颌患者确定殆的垂直距离是非常重要的。
- 咬合垂直距离 (OVD) 是当牙齿处于 ICP 时面部下 1/3 的垂直距离。面部下 1/3 距离与 PJP, 既是面部美容的重要组成部分, 也是治疗计划的重要元素。息止殆间隙是姿势位和牙尖交错位时的垂直距离之差, 在语言交流中很重要。所以, 有牙列和无牙颌患者的修复体对语言交流影响很大。
- 侧方颌位置
 - 向内侧 (或非工作侧或平衡侧) 指在侧方颌运动时下颌的一侧向中线 (或内侧) 移动。“平衡”从功能上讲, 指非工作侧, 也就是说咀嚼侧的对侧。

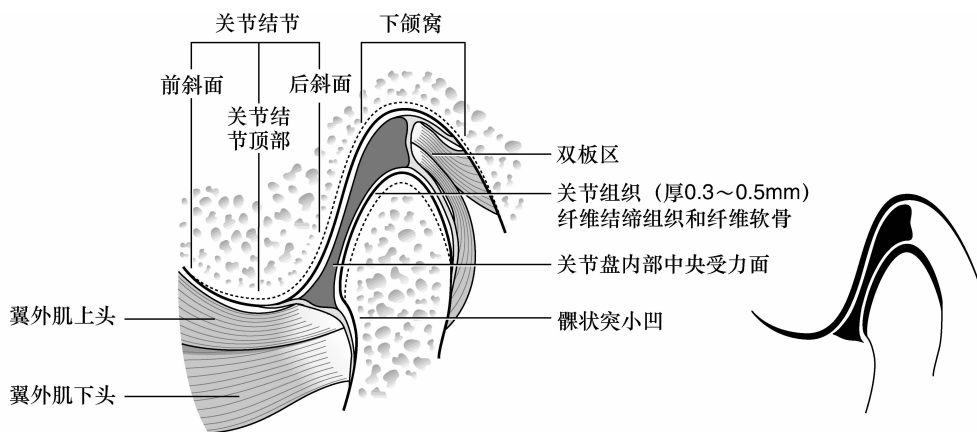


图 1.1 人颞下颌关节的矢状面观。注意：①关节盘中间带的延伸。②关节组织的厚度变化，即承担最大剪切应力和负载的部位最厚。右图所示为关节各组成部分包括髁突、关节盘和颞骨关节窝的表面组织的厚度变化。黑色区域代表功能区位于髁突和关节结节之间，而不是髁突和关节窝之间。③关节盘的前带与翼外肌上头的内侧 1/3 相连。大多数肌肉纤维嵌入髁突凹。一些肌纤维插入上头和下头之间的交界区，然后插入髁突凹。侧面的前带附着于前关节囊韧带。

非工作侧可以用来分析模型、作为全口或局部义齿排牙的参考，非工作侧的牙齿接触可能是义齿修复时理想的依据。该术语也用于排牙和存在向内侧（或非工作侧或平衡侧）牙齿接触或干扰时进行临床咬合分析（见第 5 章）。

- 向外侧（或工作侧）指在下颌运动中从中线向侧方移动的一侧下颌。这也可以被称作“工作”或行使功能的咀嚼侧，也就是发生咀嚼的一侧。

侧方颌运动中值得注意的是在侧方运动中牙齿的排列和数量。这也被称作咬合分离。这可能只涉及前牙，或是尖齿（尖牙咬合分离），或切牙和尖齿（前牙咬合分离）；或可能仅涉及后牙——双尖牙和（或）磨牙（后牙咬合分离），或者可能涉及前牙和后牙（组牙功能）。

- Bennett 运动和 Bennett 角由 Bennett (1906) 首次提出，描述的是研究对象（Bennett 本人）下颌在侧向运动时髁突的移位。
- Bennett 运动指下颌侧方运动时髁突也做

侧方运动。在下颌侧向运动刚开始时，非工作侧髁突直接向内侧移，侧移迅速接近完成。Bennett 描述了侧向水平移动现象，与髁突运动相关的称为“迅即侧移”（immediate side shift, ISS）。后者是描述关节的术语。有一些临床记录的证据（Gibbs & Lundeen 1982）表明，在一些个体中咀嚼运动闭口相的结束会出现功能性的 Bennett 运动。

- Bennett 角是下颌侧向运动时对侧髁突运动轨迹在矢状面所构成的角度。对侧（或平衡侧）髁突向下、前、内侧移动，当从前面或上面观时与矢状面形成一个角度（Bennett 角）。

髁架中将对侧（平衡侧）髁突的运动称为“渐进侧移”（progressive side shift, PSS）。

咬合关系

目前关于什么是最适髁关系以及髁变量与颞下颌关节紊乱病（TMD）的相关性还有

在争议。应当承认,即使在功能和结构特征上具有很大的差异,只要具备稳定的殆关系,就是个体最适的殆标准。

还没有临床对照试验表明协调自然的和(或)修复牙列的最适殆特征是什么。然而有关 TMD 与咬合异常之间存在关联的研究(Pullinger & Seligman 2000, Seligman & Pullinger 2000, Tsukiyama et al 2001)提供了一些线索,即便这种相互关联并未得到统一的认同(McNamara et al 1995, Kirveskari et al 1998)。

Pullinger 和 Seligman (2000)、Seligman 和 Pullinger (2000) 观察 12 个独立样本,发现随着年龄的增长,在无症状对照组和 TMD 患者之间存在显著的咬合特征重叠。大体而言,他们的研究提示无症状对照组有以下特征:

- 少量的前牙磨损;
- RCP-ICP 之间的滑动没有或很小 ($<1.75\text{mm}$);
- 前牙覆盖正常 ($<5.25\text{mm}$);
- 不存在单侧后牙反殆。

然而,灵敏度 (61%) 和特异性 (51%) 都没有达到足够高的水平 ($>75\%$ 和 $>90\%$), 无法提供无可争议的证据来证明这一结果。此外,McNamara 等 (1995) 报道,牙正畸治疗方案的改变和 TMD 的发展之间没有任何联系。

通过这些研究结果,我们可以认为与那些 TMD 不相关的殆特征可以作为个体的最适殆标准。毫无疑问仍然需要特定的研究,以便更充分地定义最适殆标准。

对经修订的有限的 TMD 中咬合变量作用的认识是重要的,因为它无可争议地质疑了殆及其在功能异常中所起的作用。

与自然牙列的咬合相反,修复治疗在临床上理想化和可操作的,即使缺乏完善的研究数据,可以考虑以下几方面来进一步优

化功能:

- 建立适当的符合美学标准的咬合垂直距离 (较低的面部高度), 保证发音、咀嚼和吞咽的功能, 并增加颌间距离来满足修复需要。
- 使殆接触 (最大牙尖接触) 与稳定的髁位相协调, 最理想的是髁突不受牵拉, 关节盘排列有序, 保证髁突和关节结节的运动流畅。
- 具体的牙接触模式没有明确定义, 但尖窝和尖边缘嵴的接触提供了稳定的牙齿关系; 没有必要建立三脚架型 (tripodised) 接触。
- 前牙排列对美容和发音很重要。没有证据支持前导或组牙功能的必要性 (Marklund & Wänmann 2000, Yang et al 2000)。然而, 考虑到侧齿接触时的生物力学因素, 前导还是有意义的, 因为咬合力以及在髁突的反应是降低的。无阻碍的侧向和前伸运动才能支持正常行使功能, 对于最优化的颌肌活动也是重要的。

边缘运动

Posselt 边缘运动图

Posselt (1952) 通过追踪下颌切牙的运动轨迹在三个平面来描记下颌最大限度的运动范围, 下颌所有的运动都是在边缘运动的内部进行。下颌最大限度的运动范围是由下颌肌肉、韧带、颞下颌关节及牙齿的运动范围所决定的。

牙齿确定了边缘图的起点, 是 ICP (IP) 和 CO (RCP) 之间联系的图解说明, 所以在修复牙科很重要。

在牙齿缺失 (如完全缺失) 时, 边缘图中 ICP (IP) 和 CO (RCP) 的位置相同。边缘图显示了矢状面、冠状面和水平面三个平

面。下颌边缘运动的矢状面观是围绕下颌切牙的运动来定义的，表现出以下特点：

- 边缘运动的起点是由牙齿的位置和牙尖斜度来决定的（图 1.2：ICP 至 RCP，ICP 至 Pr）；
- 后退的路径是由颞下颌关节的解剖决定的（图 1.2：RCP 至 H；H 至 O）。

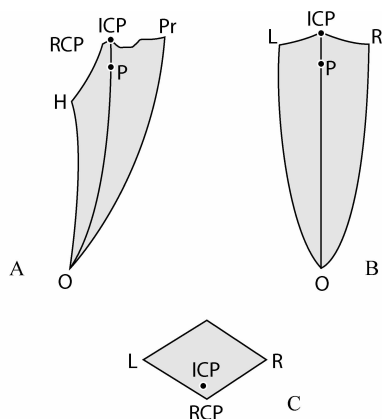


图 1.2 A. 显示 ICP、RCP 和 Pr 在边缘运动图中的矢状面（侧面）观。该图还提示，需要下颌运动到 RCP 才能完成下颌中切牙从 ICP 到 RCP 的运动。下颌中切牙从 RCP 到 H 的运动是一条曲线，提示髁突初始的旋转运动。当髁突在正中关系附近运动时，它们是围绕髁突间或终末铰链轴旋转，即旋转轴在髁突之间。继续张大口，开度大约 15~20mm 时，髁突的运动由转动变为滑动（H 至 O）。B 和 C. 显示进行边缘运动时下中切牙运动的冠状面观（B）和水平面观（C）。其中矢状面观最有意义。ICP：牙尖交错位；RCP：后退接触位；Pr：前伸颌位；P：下颌姿势位；O：最大开口位；H：开口运动的铰链轴弧线；成人下颌运动的大致范围：RCP-ICP，0.5~2.0mm；ICP-O，40~70mm；RCP-H，15~20mm；P-ICP，2~4mm；ICP-Pr，5~10mm。

前导和侧导

牙齿导向的物理特征随牙齿排列和牙弓间关系而不同。前导由前牙垂直方向（覆颌）和水平方向（覆盖）的关系所决定。后导由支

持尖斜面的关系所确定，特别是对颌磨牙的关系。在牙缺失的情况下，由于牙齿的倾斜或者移位，以及前后向殆平面（Spee 曲线）和侧向殆平面（Wilson 曲线）曲度的改变，后导可能增加。牙齿导向因个体而不同，直接影响下颌向上颌牙齿的接近角和离开角，即在咀嚼中殆的功能角度大小。咀嚼运动即功能表现，由牙齿导向所决定（图 1.3）。

牙齿的功能性负荷和牙周组织感受器的相关刺激为牙接触提供了参照点，确定了下颌运动时咀嚼吞咽过程的开始和结束（Trulsson & Johansson 1996）。

尖牙导

上颌尖牙的舌斜面具有理想的导斜面外形，有突出的轴嵴，根据与对颌牙接触的斜面的不同，可以提供近中或者远中的尖牙导。上颌尖牙远中斜面上的侧导，可以直接将同侧（工作侧）的下颌导向远中，而其近中斜面上的初始牙接触可以将下颌导向近中侧。但尚未有临床研究证实是否会影响髁突与关节盘的关系。这一结论来自临床及理论评估（图 1.4）。

远中导

在口颌系统的功能和功能紊乱中，如果前牙导限制了下颌向前的运动（如深覆颌的情况），或者由于在下颌闭口中限制向前滑动的尖牙远中导的原因，下颌闭口运动会按照更偏远中的途径达到牙接触。这种更偏远中的达到牙接触的途径使髁突转动运动占优势。理论上讲，转动幅度越大，关节盘内部后板区更易旋转，前内侧部被拉伸。而滑动时，与转动不同，关节盘与髁突一起运动，以维持盘突复合体相对于关节结节的位置。

近中导

沿尖牙近中斜面的近中导可以允许髁突转动和滑动。因此，下颌容易沿更向前的途径闭合，在更向前的位置达到牙齿接触。推测这种转动和滑动的结合会促进髁突、关节盘与关节结节后斜面的紧密贴合，来维持这种接触关系。

但是，在下颌的侧方运动中，近中尖牙

导和远中尖牙导的关系以及在髁突的效应比较复杂，而且与颌骨肌的活动和盘髁关系相关联。有些报道认为远中尖牙导与同侧（工作侧）髁突向后的运动相关（Yang et al 2000）。Yang 等人报道了远中尖牙导与同侧（工作侧）髁突向后向外的运动呈弱相关，而近中尖牙导会导致同侧髁突向外向下的运动。

众所周知，关于尖牙导对下颌肌肉运动与关节盘相互关系的影响的临床研究是很困难的。

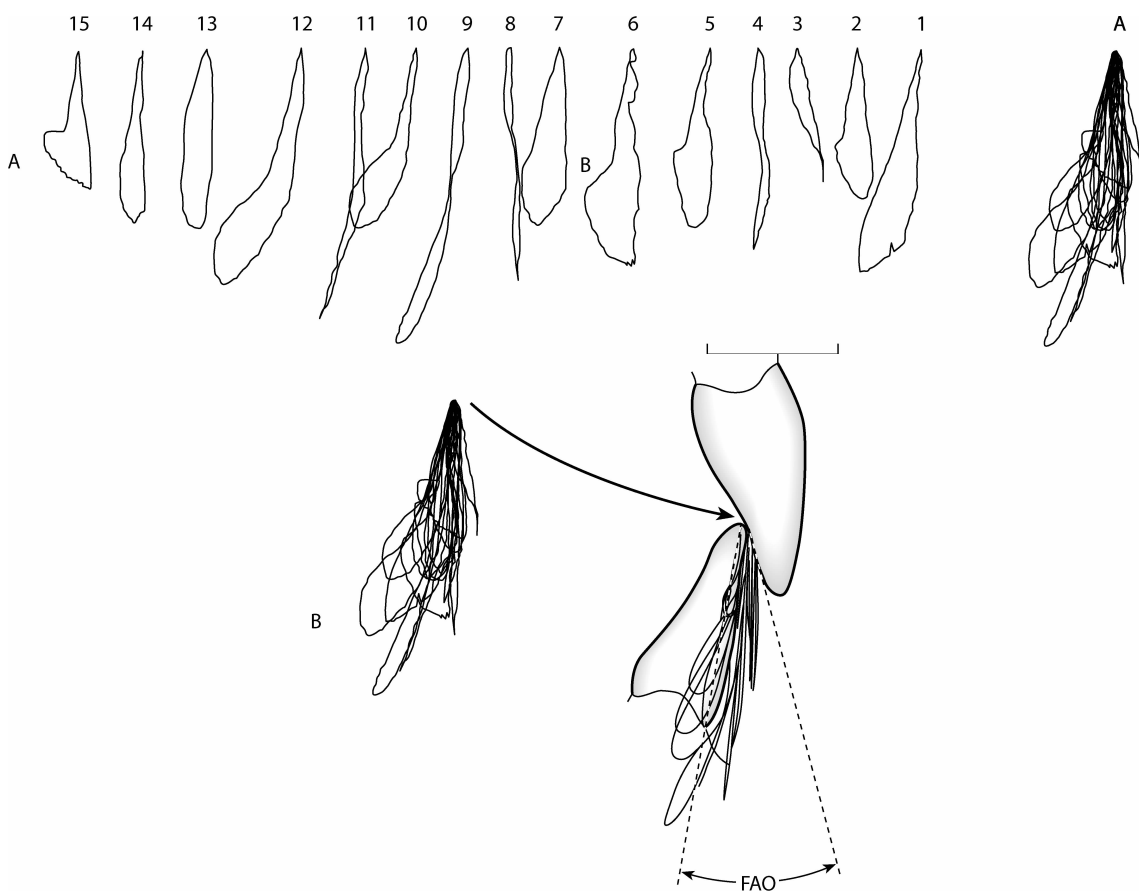


图 1.3 A. 描记 15 个个体在咀嚼口香糖时一个咀嚼周期下颌切牙的运动轨迹。将磁铁黏固在下颌切牙上，运动的磁铁由传感器（磁通门磁力计）检测，由 Kinesiograph (K5 Myo-tronics Research Inc., Seattle, Washington 98101, USA) 记录下来。每个咀嚼周期都存在个体差异。这 15 个周期包含了咀嚼的功能环（标尺长度 10mm）。B. A 图中咀嚼口香糖时下中切牙的运动轨迹。这是 A 图所示的 15 个独立的咀嚼周期组成的复合功能环，显示了中切牙与功能环之间的关系，咬合功能角（functional angle of occlusion, FAO）表示下中切牙达到和离开接触位之间的角度。

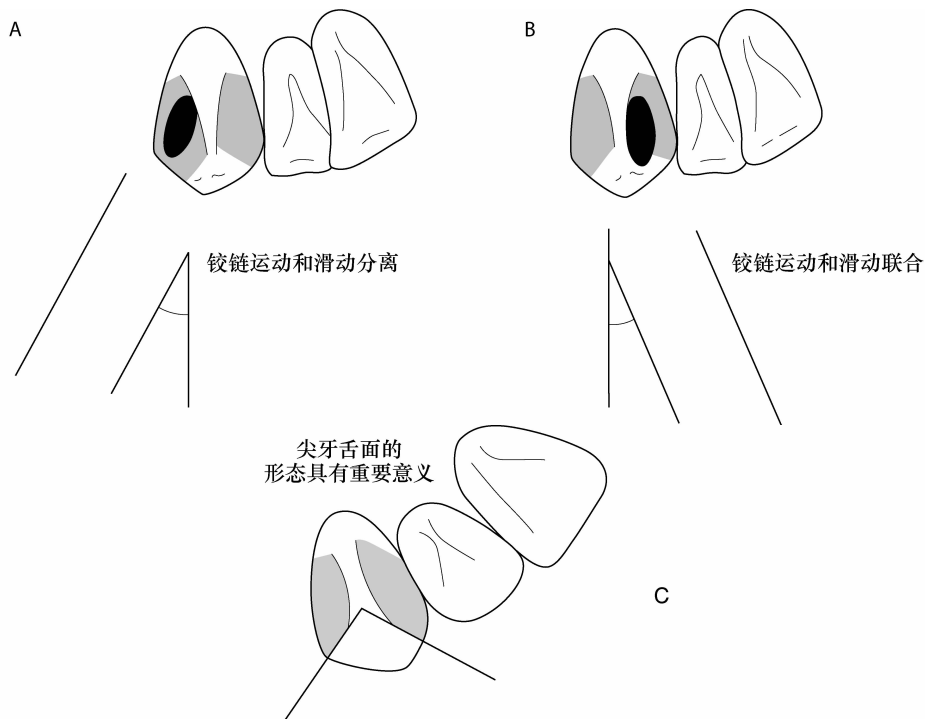


图 1.4 前导-咬合的功能角。**A.** 沿着同侧尖牙远中斜面的前导使下颌的远中铰链运动和滑动分离开来，髁突和关节盘按照更偏远中的途径远离关节结节后斜面。**B.** 沿着同侧尖牙近中斜面的前导可以使下颌铰链运动和滑动结合起来，会促进髁突、关节盘沿着更向前的位置达到关节结节后斜面。**C.** 上颌尖牙舌面的纵行嵴将舌面分为近中窝和远中窝。对颌牙（最好是下颌尖牙）可能接触近中窝或远中窝，这两种情况下的下颌侧方运动是不同的。远中窝会导致下颌沿着更远（后）的路径运动，近中窝会导致下颌沿着更近（前）的路径运动。

准确描述髁突运动轨迹的设备的复杂性是一个限制条件，另外，选择在三维测量中合适的髁突位点还没有被标准化 (Peck et al, 1999)。

虽然在临床修复中不一定要达到天然牙的标准，但仍然要求避免非工作侧（向内侧）和工作侧（向外侧）的殆干扰 (Wassell & Steele 1998, Becker et al 2000)。选用尖牙导可避免殆干扰的发生，尽管如此，采用组牙功能不容易导致肌疲劳这一点是肯定的 (Møller & Bakke 1998)。

使用肌电图和（或）下颌轨迹仪的大量临床生理研究确定了前导的特点：

- 只有前牙接触会减弱肌肉力量 (Manns et al 1987)，随着磨牙的接触肌肉力量达到最大；下颌前部分的引导使肌肉收缩，从

而使下颌顺利地进入 IP。

- Belser 和 Hannam (1985) 报道：
 - 尚无科学证据证明尖牙导和组牙功能哪一方更理想；
 - 前导的斜度不是最重要的；
 - 尖牙导可减少出现过大殆力的机会，并能降低功能异常时的负荷；
 - 尖牙导对咀嚼过程改变不大。
- Møller 及其同事 (1988) 报道：
 - 在 IP 咬合稳定性最高、肌肉力量最大，这表明它是牙齿咀嚼和吞咽的最佳接触位置；
 - 在 ICP，肌肉力量与咬合稳定性直接相关；
 - 闭颌肌收缩和放松之间的时间差影响着疲劳易感性。短时间强有力的闭颌肌群

收缩,使牙齿接触的时间相对较长,从而减少了疲劳易感性;

- 侧导组牙功能颌的出现减少了咀嚼中闭颌肌的相对收缩时间。
- 最近, Ogawa 等人 (1998) 报道咀嚼周期受殆导和殆平面斜度的影响。这一研究是基于嚼口香糖时与殆导、殆平面斜度相关的颌骨和髁突三维运动的记录。包括:
 - 殆导、殆平面斜度影响咬合周期;
 - 殆导 (覆殆、覆盖) 影响下颌运动到牙齿接触位时最后 0.5mm 矢状位和冠状位闭颌的路径;
 - 咬合平面的角度影响下颌运动到牙齿接触位时最后 2.0~5.0mm 矢状位和冠状位闭口的路径。

向内侧 (平衡侧) 殆接触/殆干扰

前导或尖牙导经常出现在年轻个体的天然牙列;然而,牙齿生长发展的方向可能会导致后接触引导。健康成人牙列的牙齿排列和接触存在着变化,与功能形式紧密相关。

随着牙齿的磨损,组牙功能成为年长者自然牙列的特征。在其形成过程中,在下颌的侧方运动中可以产生向内侧的殆接触,即非工作侧的殆干扰。Marklund 和 Wänmann (2000) 在一篇关于内侧殆接触流行病学的综述中指出,内侧殆接触发生率的中位数百分比为 35% (文献报道 0~97%),内侧殆干扰的中位数百分比为 16% (文献报道 0~77%),没有性别差异。髁突斜面的倾斜度会影响殆接触或是殆干扰。随着年龄增长,该斜面的斜度增加。这就意味着儿童期髁突斜面越平坦,以后发生向内侧殆干扰的概率越高。这只是猜测。然而,这些接触或干扰的存在是否与颌部肌疼痛及 TMD 的发病率增加相关联是临床所关注的问题。有一些证据表明,存在向内侧殆干扰的儿童和年轻人出现颌部肌肉发育不足和下颌运动障碍的

概率更高;但是,证据不是很充分。

研究证据显示:

- 在后牙接触关系与颌骨肌疼痛或 TMD 之间并没有直接的因果联系 (Clark et al 1999, Pullinger & Seligman 2000, Seligman & Pullinger 2000)。
- 还有一些其他因素构成了 TMD 的病因学。

Baba 等 (2001) 关于向内侧殆接触和紧咬牙的生物力学研究发现尖牙导可导致同侧磨牙较小的位移,对侧磨牙最大的位移。髁突位置也出现类似的结果,导致同侧关节有限的压缩,对侧关节较大的压缩。这一过程中出现的 TM 关节压缩可能会改变颌骨肌、髁突和关节盘的生物力学关系,并且可能是诱发 TMD 的始动因素。

肌电图 (EMG) 研究已经证实向内侧殆接触和 (或) 殆干扰的颌骨肌的特定变化,但不与 TMD 直接相关。

最近关于牙接触干扰对下颌骨、关节位置和颌骨肌影响的研究表明:

- 咬合方式的特殊变化,如向内侧 (平衡侧) 或向外侧 (工作侧) 的干扰和尖牙导,可导致紧咬牙时可预见的下颌方向变化 (或倾斜) (Minagi et al 1997, Baba et al 2001)。
- 生物力学方面的变化:
 - 由于非工作侧殆干扰和重咬牙或紧咬牙会形成以干扰点为支点的力臂,导致同侧咀嚼肌为达到磨牙接触发挥更大的收缩力量,以及同侧 TM 关节产生可能的压缩 (Belser & Hannam 1985, Koriotoh & Hannam 1994, Baba et al 2001)。

在存在向内侧殆干扰的功能障碍的个体, TM 关节的反应力增加可能导致同侧关节 TMD 的发生。

- 尖牙导可避免向内侧殆干扰、重咬和紧咬时产生的生物力学改变对 TM 关节的损害。

Baba 等人 (2001) 表明,紧咬牙时同侧尖牙到双尖牙到磨牙的牙接触 (即组牙功能殆) 会导致对侧下颌骨升高和关节

压缩。尖牙导引发关节的最小压缩，而紧咬牙时同侧磨牙接触可引发对侧较大的关节压缩。这种紧咬牙产生的生物力学变化也可能是 TMD 的诱发因素。

- 咬合平衡可以保护关节，不会引发同侧或对侧 TM 关节压缩力量的增加。
- 与上述结果相似，Minagi 等人（1997）发现对侧（向内侧）牙齿接触缺失与关节弹响的发生呈正相关。该研究说明向内侧殆接触可能对关节有一定的保护作用。
- EMG 研究发现，尖牙导增加了一侧前牙和后牙的短暂活动。向内侧（平衡侧）牙齿接触导致对侧颌骨肌的参与，从而促进双侧前牙和后牙的短暂活动（Belser & Hannam 1985, Baba et al 1996, Minagi et al 1997）。

短牙弓

已有研究证实，个体的后牙数量减少仍可获得令人满意的美学效果和咬合功能（Käyser 2000）。由此引出了短牙弓（shortened dental arch, SDA）的概念，在某些情况下并没必要修复所有缺失的磨牙。

在牙列缺损的修复中，短牙弓的概念逐渐被接受，是一种可靠的修复方法。本节涉及具体的牙齿接触关系和紧咬牙对 TM 关节的影响，介绍了后牙（前磨牙和磨牙）的有关研究。

在磨牙和双尖牙缺失的情况下，特定的力臂效果和负载后 TM 关节的反作用力发生的程度不同。这是否对下颌肌肉系统有利将取决于余留牙齿的分布及其所承受正常功能和异常功能的能力。

更重要的是，没有证据支持后牙缺失和 TMD 发生之间存在关联。短牙弓长期临床应用的效果表明，它不会引发 TMD 或颜面部疼痛，并能保证颌骨肌系统长期健康的足够功能。

满足功能需求的最少牙数因人而异。保持一个完整牙弓，虽然理论上是必要的，但可能是不现实或没必要的。长期的研究结果显示，前牙和前磨牙部分能完全满足所有的功能需求（Käyser 2000）。

修复治疗应该首选保留意义重大的前牙和前磨牙段。临床中修复磨牙段的可摘局部义齿或复杂治疗（种植体、固定桥、根管治疗和牙根切除/牙齿半切）的需求应该受到质疑，并应该根据患者的愿望进行适当选择。



参考文献

- Baba K, Yugami K, Yaka T, Ai M 2001 Impact of balancing-side tooth contact on clenching-induced mandibular displacement in humans. *Journal of Oral Rehabilitation* 28:721-727.
- Becker C M, Kaiser D A, Schwalm C 2000 Mandibular centricity:centric relation. *Journal of Prosthetic Dentistry* 83:158-160.
- Belser U C, Hannam A G 1985 The influence of altering working-side occlusal guidance on masticatory muscles and related jaw movement. *Journal of Prosthetic Dentistry* 53:406-414.
- Clark G T, Tsukiyama Y, Baba K, Watanabe T 1999 Sixty-eight years of experimental interference studies:what have we learned? *Journal of Prosthetic Dentistry* 82:704-713.
- Forssell H, Kalso E, Koskela P et al 1999 Occlusal treatments in temporomandibular disorders:a qualitative systematic review of randomised controlled trials. *Pain* 83:549-560.
- Gibbs C H, Lundeen H C 1982 Jaw movements and forces during chewing and swallowing and their clinical significance. In:Lundeen H C, Gibbs C H (eds) *Advances in occlusion*. Wright, Boston, pp 2-32.
- Käyser A F 2000 Limited treatment goals-shortened dental arches. *Periodontology* 4:7-14.
- Kirveskari P, Jamsa T, Alanen P 1998 Occlusal adjustment and the incidence of demand for temporomandibular disorder treatment. *Journal of Prosthetic Dentistry* 79:433-438.
- Korioth T W, Hannam A G 1994 Mandibular forces during simulated tooth clenching. *Journal of Orofacial Pain* 8:178-189.
- McNamara D C 1977 The clinical significance of median occlusal position. *Journal of Oral Rehabilitation* 5:173-186.
- McNamara J A, Seligman D A, Okeson J P 1995 Occlusion, orthodontic treatment and temporomandibular disorders. A review. *Journal of Orofacial Pain* 9:73-90.
- Manns A, Chan C, Miralles R 1987 Influence of group function and canine guidance on electromyographic activity of elevator muscles. *Journal of Prosthetic Dentistry* 57:494-501.
- Marklund S, Wänmann A 2000 A century of controversy regarding the benefit or detriment of occlusal contacts on the mediotrusive side. *Journal of Oral Rehabilitation* 27:553-562.
- Minagi G, Ohtsuki H, Sato T, Ishii A 1997 Effect of balancing-side occlusion on the ipsilateral TMJ dynamics under clenching. *Journal of Oral Rehabilitation* 24:57-62.
- Møller E, Bakke M 1988 Occlusal harmony and disharmony:

- frauds in clinical dentistry. *International Dental Journal* 38:7-18.
- Ogawa T, Koyano K, Umemoto G 1998 Inclination of the occlusal plane and occlusal guidance as contributing factors in mastication. *Journal of Dentistry* 26:641-647.
- Peck C C, Murray G M, Johnson C W L, Klineberg I J 1999 Trajectories of condylar points during working-side excursive movements of the mandible. *Journal of Prosthetic Dentistry* 81:444-452.
- Posselt U 1952 Studies in the mobility of the human mandible. *Acta Odontologica Scandinavica* 10:1-160.
- Preston J D, Blatterfein L, South F 1999 Glossary of prosthodontic terms. *Journal of Prosthetic Dentistry* 81:39-110.
- Pullinger A G, Seligman D A 2000 Quantification and validation of predictive values of occlusal variables in temporomandibular disorders using a multi-factorial analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry* 83:66-75.
- Riise C, Ericsson S G 1983 A clinical study of the distribution of occlusal tooth contacts in the intercuspal position in light and hard pressure in adults. *Journal of Oral Rehabilitation* 10:473-480.
- Seligman D A, Pullinger A G 2000 Analysis of occlusal variables, dental attrition, and age for distinguishing healthy controls from female patients with intra capsular temporomandibular disorders. *Journal of Prosthetic Dentistry* 83:76-82.
- Trulsson M, Johansson R S 1996 Encoding of tooth loads by human periodontal afferents and their role in jaw motor control. *Progressive Neurobiology* 49:267-284.
- Tsukiyama Y, Baba K, Clark G T 2001 An evidence-based assessment of occlusal adjustment as a treatment for temporomandibular disorders. *Journal of Prosthetic Dentistry* 86:57-66.
- Wassell R W, Steele J G 1998 Considerations when planning occlusal rehabilitation:a review of the literature. *International Dental Journal* 48:571-581.
- Yang Y, Yatabe M, Ai M, Soneda K 2000 The relation of canine guidance with laterotrusive movements at the incisal point and the working-side condyle. *Journal of Oral Rehabilitation* 27:911-917.

第2章

下颌运动及其控制因素



摘要

在下颌运动中，颌骨肌以一个复杂的三维方式支配着下颌骨。有三个闭颌肌（咬肌、颞肌和翼内肌）和两个开颌肌（翼外肌和二腹肌）。肌肉最基本的功能单位是运动单位。下颌肌肉的内部结构很复杂，表现为许多复杂的翼状（羽毛状）内部结构。在每个下颌肌肉内中枢神经系统（CNS）能够激活肌肉纤维特定方向的独立部分。这意味着，每个下颌肌肉能够产生特定下颌运动所需要的力向量（大小和方向）。

CNS 可激活运动单位，通过肌肉完成预期的运动。运动分为随意、反射和节律性三种。CNS 的许多部分参与下颌的运动。面部运动皮层是从大脑皮层发出的产生随意运动的最后输出途径。反射使运动更加精细，与更高级的运动中枢一起完成更复杂的运动。

咀嚼或吞咽是脑干中枢模式发生器（central pattern generator, CPG）所控制的有节奏的运动。CPG 接受食团带来的感官信息和更高级中枢发出的指令。也可做一些简单的下颌运动，如前伸和侧向运动。所有的下颌运动都是围绕瞬时旋转中心所做的旋转运动。

目前有许多设备描述下颌运动，但只

有 6 自由度装置能够准确地描述运动的复杂性。如果用于诊断或治疗效果的评价，使用单点描记仪（例如，缩放仪）可能提供误导性的信息。咀嚼运动是复杂的，包括下颌、面部和舌部肌肉产生的运动。骀的变化能够对下颌肌肉及关节运动产生显著的影响。



关键点

- 颌骨肌以一个复杂的三维方式支配着下颌骨。
- 有三个闭颌肌（咬肌、颞肌和翼内肌）和两个开颌肌（翼外肌和二腹肌）。
- 肌肉最基本的功能单位是运动单位。
- 下颌肌肉的内部结构很复杂。
- 下颌肌肉能够产生特定下颌运动所需要的力向量（大小和方向）。
- CNS 可激活运动单位，通过肌肉完成预期的运动。
- 运动分为随意、反射和节律性三种。
- CNS 的许多部分参与产生下颌运动。
- 反射与更高级的运动中枢一起完成更复杂的运动。
- 咀嚼由脑干中枢模式发生器（CPG）所调控。
- 所有的下颌运动都是围绕瞬时旋转中心所做的旋转运动。

- 使用单点描记仪（例如，缩放仪）可能提供有关诊断或治疗效果评价的误导性信息。
- 验的变化能够对下颌肌肉及关节运动产生显著的影响。

颌骨肌：下颌的运动单位

（综述，见 Hannam & McMillan 1994, van Eijden & Turkawski 2001）

了解下颌运动为第8章颌骨肌肉疾病提供了背景，它描述了下颌运动模式的变化。

- 有三个闭颌肌：咬肌、颞肌和翼内肌。
- 有两个开颌肌：二腹肌和翼外肌。
- 肌肉的收缩单位是运动单位。每个运动单位由 α -运动神经元和受运动神经元支配（即连接并被激活）的肌纤维（600 ~ 1000）组成。颌骨肌肉的运动神经元大多分布在三叉神经运动神经核。
- 运动单位有三种生理类型，不同的运动单位产生的力的大小不同。S型运动单位的速度很慢，力量小，抗疲劳性强。FF型运动单位的速度快，力量大，但易疲劳。FR型运动单位产生速度和力量的能力居中，耐疲劳性居中。在肌肉收缩时，S型运动单位首先参与，力量增加后，FR型和随后FF型运动单位加入其中。
- 事实上，每个人的面部、颌骨及舌部每块肌肉的肌纤维内部排列的不同，导致肌肉的结构更加复杂。例如，咬肌的肌纤维是翼状（即羽毛状）排列的。图2.1显示了一些分隔咬肌的腱膜鞘。肌肉局部的放大示意图（图左）显示肌纤维的翼状排列（粗线）。当一侧腱膜内的运动单位收缩时，它们产生的力矢量（即力的大小和方向）如图所示（图2.1中的实线箭头），如果没有翼状排列，肌纤维的力量直接从颞弓到

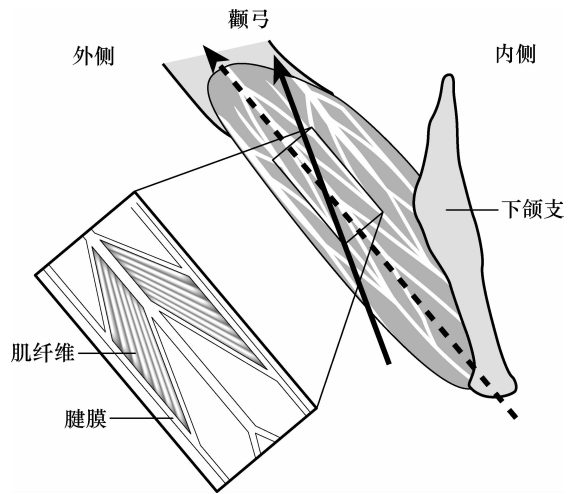


图2.1 咬肌、颞弓和下颌骨升支的冠状面观。左侧放大图所示为肌腱膜分隔开的咬肌。粗线显示肌纤维的翼状（羽毛状）排列。实线箭头显示如果肌纤维选择性收缩所产生的拉力方向。虚线箭头指示如果假设肌纤维直接从颞弓到下颌骨方向收缩产生的拉力方向。

下颌骨升支，产生的力矢量如图所示（虚线箭头）。肌纤维的复杂结构使下颌承受来自各个方向的力。大脑选择性激活一些区域或小块区域，而其他区域的肌肉不被激活。

- 下颌骨运动时，感觉运动皮层区域产生不激活特定肌肉的随意运动（见下文）。相反，它们发送命令信号到各种运动核来激活所有肌肉的运动单位，引发生物力学上最适合该特定验运动的力矢量。例如，右侧研磨运动需要左侧翼外肌下头的一些运动单位被激活，右侧颞肌后部的部分运动单位可阻止右侧下颌向前移位，右侧咬肌及颞肌前部将下颌骨拉至右侧，保证研磨时上下颌牙齿保持接触（Miller 1991）。这些运动单位会产生下颌向上向右的力量。

产生和支配下颌运动的 CNS 构成

（图2.2）

- 从锥体束到 α -运动神经元（支配运动单位）

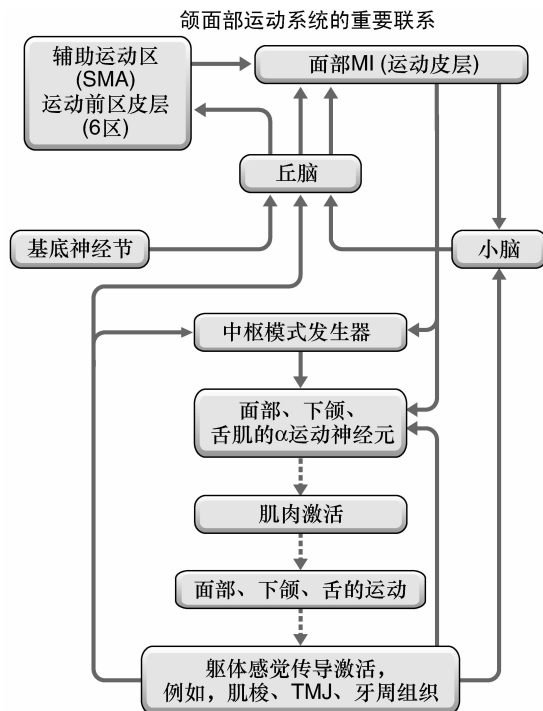


图 2.2 颌面部运动系统的重要联系。箭头指示运动过程之间的复杂联系。实线箭头表示动作电位传递信息的方向。虚线箭头表示结果。

的运动皮层和下行通路；

- 小脑（运动的精细协调）；
- 基底神经节（选择并启动运动程序）；
- 辅助运动区（supplementary motor area, SMA），运动前区皮层（6区）（包含运动程序）；
- 咀嚼和吞咽的中枢模式发生器（产生咀嚼和吞咽的程序）；
- 脑干运动核的 α -运动神经元；
- 肌肉的运动单位；
- 传递和处理有关运动的躯体感觉信息的躯体感觉系统。

下颌运动的分类

- 随意运动：例如，弹钢琴、谈话、取藻酸盐印模、下颌前伸；

- 反射运动：例如，膝跳反射、颌反射、开颌反射；
- 节律运动：例如，咀嚼、行走、跑步、呼吸。

随意运动（综述，见 Hannam & Sessle 1994）

- 随意运动由初级运动皮层（也称 MI）和高级运动皮层区 [辅助运动区（SMA）、运动前区皮层] 支配。
- 当要求患者舌头前伸、开口时（如取印模），一系列程序（很像计算机程序）被启动和激活（通过基底神经节），这些程序向面部的 MI 发送信号。它们包含那些必须被激活的运动单位和激活顺序，以产生特定的运动。程序可能停留在 SMA/运动前区皮层区域。MI 负责激活运动所需的不同的运动单位。
- 面部 MI 包括特定的输出区域，大脑皮层发出的纤维从锥体束到突触，直接或间接（通过中间神经元）到 α -运动神经元。面部 MI 每个输出区域激活一个特定的基本运动；例如，舌向前或向一侧的运动，或抬高嘴角，或开口或下颌向一侧运动。整个面部 MI 的不同区域可以产生相同的运动。
- 面部 MI 可以比喻为“钢琴的键”，高级运动中心“弹奏”从而产生所需的随意运动。输出区域的组合可产生更复杂的动作（相当于生成更复杂的声音，类似在钢琴上演奏和弦）。
- 小脑通过控制感觉输入到运动区，连续地调整运动。
- 通过更短的通路和更少的神经元，也能准确地完成每一个动作，许多通路完全位于脑干水平。这些通路在临床上可通过激发反射展示出来。

反射运动 (综述, 见 Hannam & Sessle 1994)

- 反射运动组织主要在脑干和脊髓水平, 它们是不自觉地、不受主观意识控制的下意识的运动。
- 膝跳反射指轻轻地叩击膝盖, 引起股四头肌收缩, 使小腿急速前踢的反应。这是比较经典的反射。
- 其他反射有闭颌或颌跳反射、开颌反射。
- 闭颌反射指当叩击下颌颏部, 闭口肌急速收缩而产生一过性闭口的现象。叩击可引起闭颌肌内牵张敏感的特殊感受器肌梭的伸长, 动作电位沿着 Ia 类初级传入神经纤维进入肌梭。初级传入神经纤维直接导致同一闭颌肌的 α -运动神经元的激活, 从而引起该肌肉的快速收缩。
- 反射是高级运动中产生更复杂运动的通路, 可克服运动中发生的、小的、不可预见的阻碍, 使运动更加顺畅。
- 开口反射可以由颜面部多种传入纤维诱发。面部传入纤维, 例如, 黏膜的机械感受器, 沿着初级传入神经纤维, 传到抑制中间神经元, 然后传到闭颌肌的 α -运动神经元。抑制中间神经元降低闭颌肌运动神经元的活性。同时, 初级传入纤维激活了使开颌肌兴奋的其他中间神经元, 如二腹肌。最终的结果是开口。

节律运动 (综述, 见 Lund 1991, Hannam & Sessle 1994)

- 节律运动兼具随意和反射运动的特点。我们不用特意考虑这些动作, 所以节律运动具有反射的特点。例如, 我们可以不通过特殊思考而进行咀嚼、呼吸、吞咽和走路; 但是, 我们可以在任何时候随意地改

变这些运动的速度和幅度。

- 节律运动由脑干或脊髓的神经节生成和控制。每个神经节被称为中枢模式发生器 (CPG)。咀嚼 CPG 位于脑桥-延髓网状结构。图 2.2 显示了 CPG 的相互关系。吞咽不属于节律运动, 但它也受位于延髓的 CPG 所控制。
- CPG 基本上等同于一个计算机程序。当被激活时, 例如, 控制咀嚼的 CPG 向下颌、面部和舌肌发出大小和频率适中的刺激, 从而发生咀嚼这一节律运动。我们在进行咀嚼时不必去考虑激活什么肌肉和肌肉激活的相对时间。这是由 CPG 调控的。但是, 我们可以随意启动、停止和改变咀嚼动作的速度、大小和幅度, 这些调整都可通过从运动皮层区域向 CPG 下达命令来实现。
- 图 2.3A 显示右侧咀嚼口香糖时部分颌肌肌电图 (EMG) 的原始数据, 下图所示为颏部中点的相关运动, 注意与每个运动周期相关的 EMG 活动定期发生模式。在图 2.3B 的放大图中, 显示翼外肌下头和颌骨下肌群的 EMG 活动与闭颌肌肉不同相 (out of phase)。这些肌肉受 CPG 控制, 很多其他颌面部、舌部肌肉虽然没有记录, 但激活的形式相似。
- 感官反馈通过位于颜面部组织的机械感受器来实现, 例如, 牙周 (即牙齿接触范围和方向的信号)、黏膜 (即食物接触黏膜的信号)、肌梭 (即闭颌时肌肉长度及其变化率的信号)、高尔基腱器官 (肌肉内产生的力的信号)、颞下颌 (TM) 关节 (即下颌位置信号) 的机械感受器。
- 肌梭是一个非常复杂的感觉受体。肌梭敏感性被优化用于感受肌肉长度的变化。肌肉收缩时, α 和 γ -运动神经元被激活。 α -运动神经元支配梭外肌的肌纤维收缩, 并

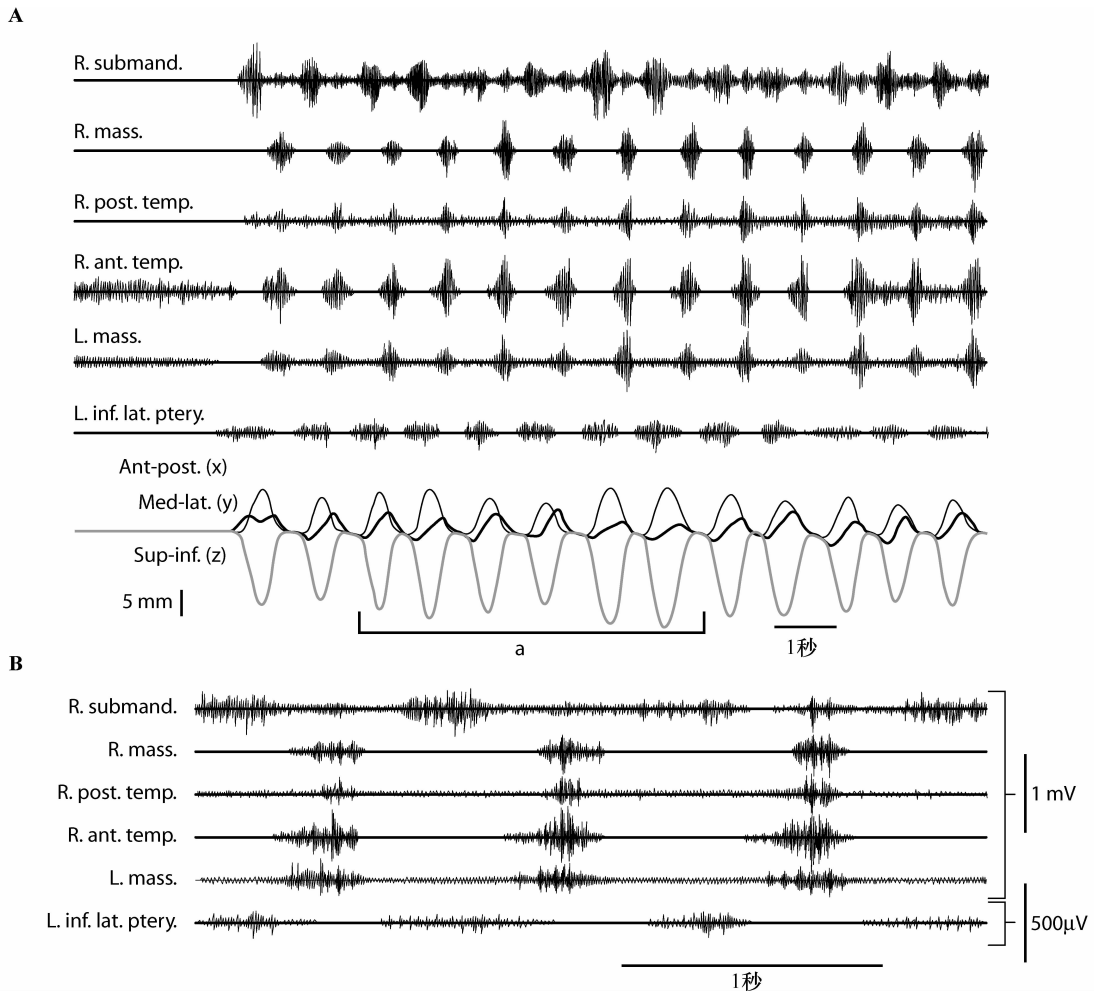


图 2.3 右侧咀嚼口香糖。**A.** 13 个咀嚼周期中六块颌肌（上部 6 线）和下颌运动（下部 3 线）的肌电图（EMG）数据。颌下肌肉群（R. submand.；主要是二腹肌前腹）、左和右咬肌（L. mass.，R. mass.）、右后颞肌（R. post. temp.）、右前颞肌（R. ant. temp.）、左翼外肌下头（L. inf. lat. ptery.）的 EMG 活动被记录。同时，下颌骨前后（Ant-post.）、内外（Med-lat.）、上下（Sup-inf.）运动时下颌骨颞部中点的运动轨迹被描记。例如，后者显示了每个咀嚼周期的开口相期间颞部中点的垂直位移量。**B.** 显示 A 图中 a 部分放大的 EMG 数据。

控制肌肉产生的力（图 2.4A 和 B）。 γ -运动神经元在同一时间被激活，但它们引起肌梭内的梭内肌纤维收缩，在肌肉和肌梭缩短时维持肌梭的灵敏度（图 2.4C）。因此不论肌肉的长度如何，肌梭总是能够检测到肌肉长度的微小变化。

- 感觉信息在咀嚼中起着至关重要的调节作

用（综述，见 Lund & Olsson 1983）。在咀嚼过程中，大量的感觉信息传播到 CNS（图 2.5A）。一些有意识的感觉信息直接传递到大脑皮层（图 2.2）。

- 局部反射也参与咀嚼运动的发生。例如，上下颌牙齿磨碎食物的过程中，牙周机械感受器被激活，导致闭颌肌肉活动的

反射性增强，以协助磨碎食物。

- 闭颌时食物的刺激可激活颜面部传入纤维产生开颌反射（见上文）。这是咀嚼时与闭颌相反的作用。Lund 和 Olsson (1983) 指出咀嚼周期的闭颌相期间咀嚼 CPG 抑制了开颌反射的反应性。图 2.5B 左图所示低 T（即阈值）反射反应，是不咀嚼时颌面部传入神经的激活刺激二腹肌出现了开颌反应。在咀嚼周期的闭颌相，CPG 抑制了引发该反射的能力。因此，咀嚼时从颌面部传入到开颌运动神经元的兴奋通路被抑制，顺利完成了闭颌运动。
- 咀嚼周期的开颌相阶段发生类似的反应。在这个阶段，闭颌肌的肌梭被拉长，对闭颌运动单位产生促进兴奋的作用，这

就抑制了开颌。然而，在咀嚼周期的开颌相，CPG 使闭颌运动神经元超极化（图 2.5B），不易被肌梭的传入兴奋所激活。

基本的下颌运动

- 下颌骨借助肌肉、肌腱、韧带、血管和神经连接到颅骨上，同牙齿、双侧髁突一起在三维空间中移动。
- 基本的下颌运动包括开口、闭口、右侧下颌运动、左侧下颌运动、前伸、后退。
- 影响下颌运动的因素：
 - 髁导：下颌做前伸或侧方运动时，髁突滑动路径的斜度；这两个斜度往往有区别；
 - 切导：由前牙接触关系决定，也就是说，

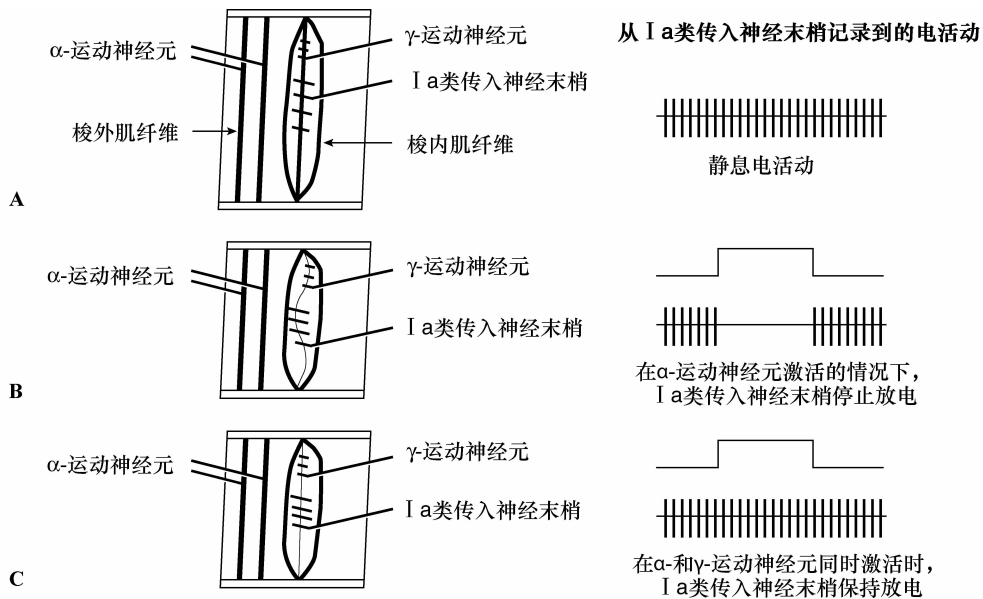


图 2.4 三种情况下肌梭内的梭外肌纤维（粗线）和梭内肌纤维的模式图。**A.** 休息时，在这个假设的肌肉内，例如在下颌姿势位，由下颌骨重量引发肌肉静息张力。下颌骨重量引发肌肉轻微牵拉，刺激了梭内肌纤维和 Ia 类传入神经末梢，产生一连串的动作电位。**B.** 假设只有 α -运动神经元放电的情况下，肌纤维收缩会导致张力降低，肌梭内 Ia 类传入神经纤维停止放电。这时，肌梭无法提供关于肌肉长度变化的信息。**C.** 显示 α -和 γ -运动神经元同时激活时（ $\alpha\gamma$ 共同激活——所有运动的普遍方式），梭内肌纤维与梭外肌纤维收缩的频率一致。这保持了 Ia 传入神经末梢的张力，使它们保持放电，并能够应对运动中不规则的信号。

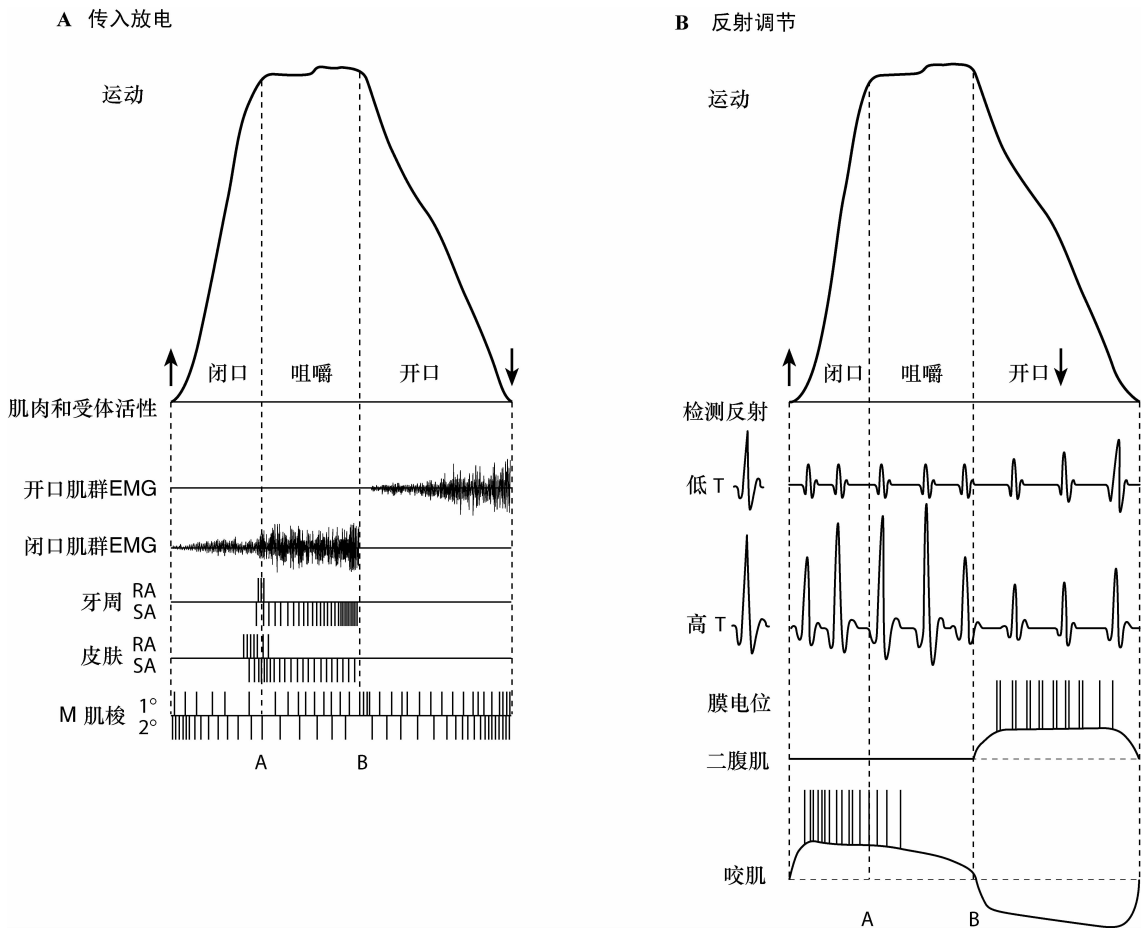


图 2.5 A. 咀嚼运动时颌骨肌和躯体感觉传入活动的模式。最上部是下颌骨颏部中点的运动轨迹。下面两曲线分别显示开颌和闭颌时的 EMG 活动。再下面则显示牙周和皮肤的机械感受器活动。RA: 迅速适应, 指仅对机械刺激的动态阶段有反应; SA: 缓慢适应, 对机械刺激的动态和静态阶段都有反应; 肌梭 1°, 2°: 分别指肌梭 I a 神经纤维 (提供肌肉长度动态变化的信息) 传出和 II 类神经纤维 (提供肌肉长度的新信息) 初级传入。每条描记线上的垂直线记录了初级传入神经轴突的动作电位发生时间。在每一个咀嚼周期都有大量的感觉信息传入大脑。**B.** 咀嚼时开颌反射的调节。左侧显示在颌骨处于休息状态 (对照) 时二腹肌的反射类型。注意咀嚼时反射的变化幅度不同。当低刺激传入发生时 (低 T, 即无痛刺激), 特别在闭颌相和咬合相, 平均幅度较小。相比之下, 当高刺激传入发生时 (高 T), 在闭颌相和咬合相的末期, 其幅度超过了休息期。这一通路发生在咀嚼周期的闭颌相——在这一阶段受到的疼痛刺激使闭颌相停止。下面两曲线显示, 在这一阶段中, 在开颌相肌梭被拉伸、I a 和 II 类肌梭传入神经产生冲动的情况下, 二腹肌膜处于休息状态, 咬肌运动神经元则在开颌相时被超极化以减少放电。

由上下前牙之间覆殆 (垂直重叠) 和覆盖 (水平重叠) 所决定;

- 后导: 由后牙关系所决定;
- 肌肉和韧带。

• 起止于牙尖交错位的运动。临床医师所关注的是:

- 组牙功能: 在单侧咬合时工作侧至少两对牙齿相接触;