

下颌运动分析：计算机辅助的髁突运动记录分析标准化指南

下颌运动记录一直应用于口腔间接修复的生理性设计中。髁突运动记录是个性化设定半可调或全可调殆架的基础。这些记录参数对于传统的机械殆架和电子虚拟殆架均适用。多年来，髁突运动记录通过其所记录的运动模式为有咀嚼系统功能障碍的患者的颞下颌关节形态状况分析提供了有用的信息。对患者进行功能监测的临床下颌运动分析记录可作为伴随治疗的诊断和监控工具。运动分析记录的参数早已存在，但是缺乏标准实用的下颌运动记录分析方法。本文的目的是通过多中心合作提出一个实用的标准化记录方案以满足未来计算机辅助标准化分析髁突运动记录的要求。

引言

几十年前，下颌运动记录作为辅助治疗计划的工具进入牙科。最早的方法非常机械化。其设计用于记录和分析患者三维空间上的下颌运动，并最大程度地个性化设置机械殆架，以便更好地制作可摘义齿和间接固定义齿^{1,2}。

除了传统的机械分析记录方法，在过去的几十年中也出现了电子记录仪³。不同于记录在方格纸上的传统下颌运动数据记录方法，现代的仪器应用的是超声、分压或光电子技术⁴。现代技术的共同点是空间运动数据的电子记录及其在电脑上的数字化存储。

为了设定殆架参数，人们研发了对下颌运动记录数据进行几何分析的计算机辅助测量、绘图软件，用于对不同的机械殆架、髁槽结构、角度设定下的下颌运动模式进行分类。这样这些数字化的运动数据可以转化到实体的传统殆架上。

CAD/CAM 在口腔修复体加工中的介入引发了对虚拟殆架软件的开发⁵⁻⁸。虚拟殆架可以数字化模拟机械殆架的形状和运动，并将其展示在用户界面中。用于虚拟殆架设置的个性化设定值来自于每一个主体的客观运动轨迹，这些参数被手动输入，并随后用于对 CAD/CAM 铣削设备的数字化调控。目前仍需要一个中间步骤将数字化记录数据转移到实体模型上以完成后续的数字化设计加工步骤，我们相信将来可以跨越这一步骤，直接用纯运动数据来调控新一代的虚拟殆架。

殆架参数设定之外的其他分析应用

除了为设定殆架进行下颌运动记录外，近年来又出现了其他分析电子下颌运动记录的方法。这些方法可以不同的角度和速度在电脑上显示和分析记录的下颌运动。新软件可以使用户计算并生成时间—运动图表，进行运动速度分析，并通过计算机辅助追踪这些参数随时间和空间的变化。

Farrar⁹ 在 70 年代发表的关于颞下颌关节 (TMJ) 结构及其功能障碍的定义和分类是目前下颌运动分析技术应用的理论基础。Farrar 描述了他发现的下颌运动、颞下颌关节弹响时机，以及由关节盘移位引发这些弹响现象的结构原因之间的关系。这一突破性发现是开发用于分析髁突运动模式的专用方法的基础 (图 1a-c)，并通过这些模式分析 TMJ 形态结构的情况¹⁰⁻¹³。

Oliver Ahlers 教授
德国汉堡 Eppendorf CMD 中心, Eppendorf 医科大学牙科学院口腔修复与预防系
CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf
Falkenried 88 (CiM, Haus C, 3. OG)
20251 Hamburg / 德国
oliver.ahlers@cmd-centrum.de

Olaf Bernhardt 教授
德国 Greifswald 大学牙周病与牙髓病学、预防与儿牙及修复系, 口腔颌面外科医学中心

Holger A. Jakstat 教授
德国莱比锡大学修复、牙科材料和特殊护理系, 口腔医学中心

Bernd Kordaß 教授
德国 Greifswald 大学 CAD/CAM 和 CMD 治疗系, 口腔颌面外科医学中心

Jens C. Türp 教授
瑞士巴塞尔大学牙科学院咬合重建和颞下颌关节紊乱综合症门诊

Hans-Jürgen Schindler 教授
德国海德堡大学牙科学院修复系

Alfons Hugger 教授
德国杜塞尔多夫大学口腔修复系

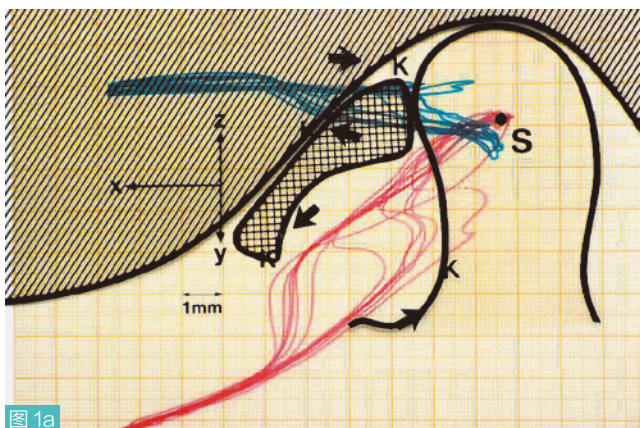


图 1a

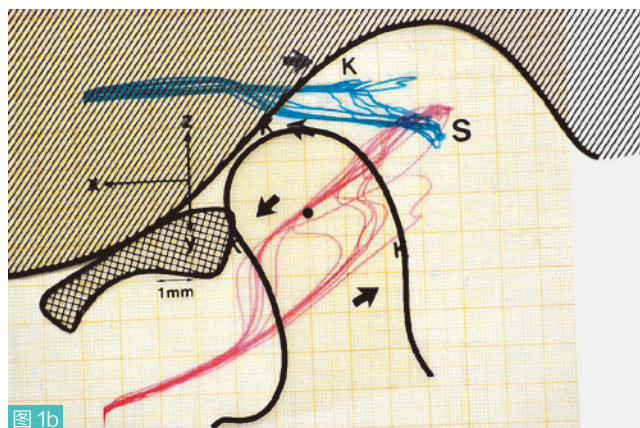


图 1b

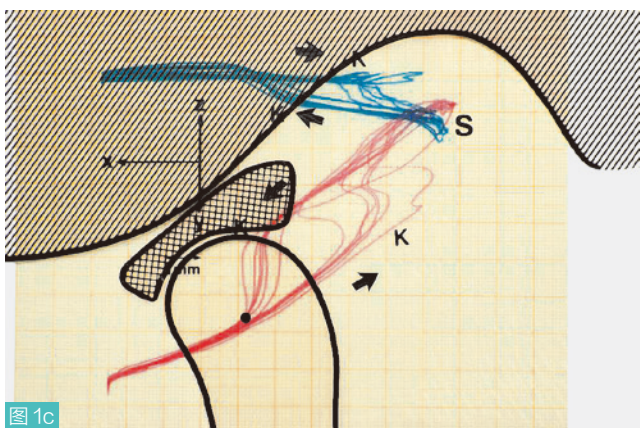


图 1c

图 1a-c: 1986 年 Meyer 应用第一台电子轴图系统 (SAS) 记录的下颌运动描记图³⁷显示了有往复性弹响的可复性盘前移位的典型轨迹特征。初始位 (a), 关节盘复位前的运动过程 (b), 复位后 (c)。S= 铰链轴, K= 弹响 (感谢 Meyer 授权借用发表³⁸)。

对 TMJ 运动能力和协调性的记录与分析是下颌运动仪器分析领域的新应用^{14, 15}。在运动科学和康复医学中可以看到类似的运动分析, 它们用于机体功能状态的参数化描述, 相当于口腔物理检查结果的收集和分析。

但是对于这些记录的参数化和表述, 目前还缺乏学术界一致认同的标准。2012 年德国颞下颌关节功能及紊乱学会 (DGZMK) 的共识研讨会填补了这一空白。次年在国际刊物上发表并推广了“功能紊乱诊断标准”¹⁶。

本文以此诊断标准为基础, 为髁突运动的计算机辅助描记的结构分析提出一个标准化方案。这一标准化原则以 DGZMK 共识为基础, 由多中心合作共同制定并参数化¹⁷。本文描述了最终的分析原则和个性化发现的基础依据。

标准化计算机辅助髁突运动轨迹描述的基本原则

本原则根据其形式和内容分为四个部分:

- “指标和标准设置”明确检查的指标和设置标准, 并且后期的分析和检查可以此初始基线情况为基础。

图 2

图 2: “下颌运动描述分析”检查表 (© dentaConcept Verlag, 德国)。

- “髁突稳定性”对关节区在下颌运动开始和结束位置的可重复性进行结构性评估。
- “髁突运动”从初始点到终止点的下颌运动参数评估, 包括下颌髁突运动轨迹及其它参数 (运动幅度和协调性)。
- “说明和注释”对标准参数分析之外的下颌运动补充分析。

检查结果最终汇总于预先制作好的表格中, 为系统分析做准备¹⁸。表格的设计要求可以将描记期间收集到的信息以文字和图表形式记录在一页纸上 (图 2)。



图 3

图 3: 超声电子运动描记仪图示例, JMA – Jaw Motion Analyzer 下颌运动分析仪 (Zebris) (© dentaConcept Verlag)。

另一个目的是将表格设计为选项式的, 对检查结果的记录只需勾选即可。这需要检查结果完全参数化, 这也是数据数字化的前提条件 (见讨论)。

指标和标准设置

在我们的原则中下颌运动描记结果的评估完全独立于所使用仪器的生产商或销售商。因此它适用于各种品牌的下颌运动描记系统。这样, 评估的第一步是输入所应用描记系统类型。表格中列有对于目前市场上的下颌运动描迹系统清单, 以供选择⁴。

清单中包括三种超声下颌运动描记系统:

- JMA-Jaw Motion Analyzer 下颌运动分析仪 (Zebris, 德国; 图 3);
- ARCUSdigma II (KaVo, 德国);
- Axioquick Recorder (SAM Präzisionstechnik, 德国)。

两种采用分压技术显示和记录下颌铰链轴运动的电子描记系统:

- Cadiax Compact 2 (GAMMA DENTAL, 奥地利; 图 4);
- Cadiax 4 (GAMMA DENTAL)。

以及一个光电描记系统:

- Freecorder BlueFox (Dental Innovation, 德国)。

未来的新系统和不常用的旧系统, 使用者可以自行填写在表格的空白项中。通常在下颌运动描记开始前首先要定义后参考点。本原则中对于后参考点的选项如下:

- 根据系统规格主观定义: 本选项主要用于没有升级的双针系统 Cadiax 4 的 Cadiax Compact 2 和超声引导系统。
- 主观定义: 使用者标记皮肤表面的解剖标志点作为参考点。

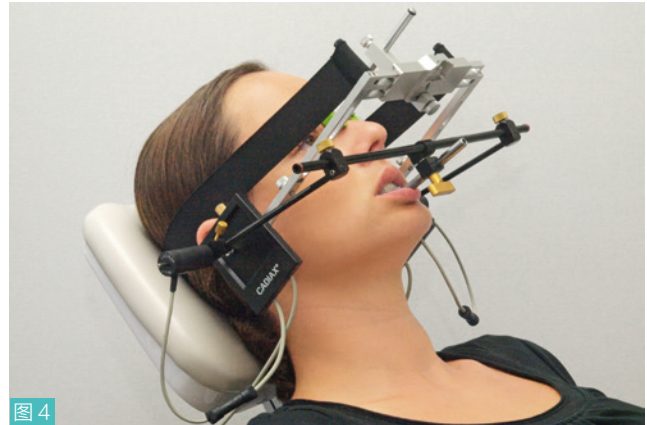


图 4

图 4: 采用分压技术的电子下颌运动描记系统示例 (Cadiax Compact 2, GAMMA DENTAL) (© dentaConcept Verlag)。

- 个性化: 单独确定的铰链轴点作为参考点。
- 运动学: 以一个运动轴或运动中心作为参考点, 参见文献 Kohno, Naeije, 和 Pröschel¹⁹⁻²¹。

指标: 接下来的步骤主要决定于检查的个性化指标。

- 典型的指标是对殆架进行个性化设置。通常要记录并计算髁突运动相对于参考平面的倾斜角度, 有时还包括弧径。各种电子描记仪自带的软件会对这些结果进行评估、记录和显示。
- 下颌运动仪器分析可以三维记录当前下颌运动的范围。
- 带电脑显示的电子描记系统可以描记并分析下颌运动的协调性。
- 可以进行一些特殊的分析, 比如检查运动轨迹是否开始于原始校准的髁突位置, 并且在结束时是否在三维上回到此位置。如果需要, 这一检查可以在戴用殆垫下进行。
- 当然, 仪器分析还可以用于其他特殊目的的检查。

殆叉连接: 检查目的不同, 殆叉连接方式也各异:

- 殆侧 (paraocclusal) 殆叉连接: 用丙烯酸树脂材料按照下颌牙弓颊面形态塑形殆叉, 然后用树脂水门汀粘接到牙齿的颊面上。也可以使用改良技术, 不需要粘接剂粘接²²。
- 殆周 (periocclusal) 殆叉连接: “periocclusal” 是 Klett¹¹ 创造的一个术语, 殆叉通过覆盖整个下颌牙弓咬合面固定。一方面, 对牙医或其他操作者而言, 殆周固定比殆侧固定操作更简单。但另一方面, 使用殆周固定时, 无法在分析时包含咬合状况。因此, 下颌运动开始于一个微向上旋转的起始位置。这样就无法对正常的开口运动初始参数和闭口运动终点参数进行分析。

起始位置: 下颌运动描记的起点位置选择也有所不同:

- 一般记录起始于目前由牙齿决定的下颌颌位。这有助于评估患者牙尖交错位的稳定性。如果下颌运动起始于一个几何形态稳定的牙尖交错位置, 校准的起始位将是稳