

## 正常殆人群咀嚼肌表面肌电图及下颌运动轨迹的联合分析

吴亚男<sup>1 2 3</sup>, 方梦如<sup>1 2 3</sup>, 王 云<sup>2</sup>, 汪萌芽<sup>1</sup>

( 皖南医学院 1. 细胞电生理研究室; 2. 口腔正畸学教研室; 3. 启明星小组, 安徽 芜湖 241002)

**【摘要】**目的: 建立咀嚼肌表面肌电图( sEMG) 与下颌运动轨迹描记仪( MKG) 同步记录技术, 联合分析正常殆下颌运动的特性。方法: 应用 sEMG 和 MKG 同步记录 20 例正常殆青年志愿者在牙尖交错位( ICP) 、下颌姿势位( MPP) 、咀嚼等 7 种下颌运动状态下咬肌、二腹肌前腹的肌电活动和下颌运动轨迹, 并进行时域和相关性分析。结果: sEMG 时域分析显示, 不仅各咀嚼肌肌电的幅值、平均肌电值( AEMG) 和峰值在不同下颌运动中有不同程度的差异, 而且在同一种下颌运动中各咀嚼肌肌电的幅值、平均肌电值 AEMG 和峰值均有显著性差异( 除在 ICP 和 MPP 的幅值、峰值, 在 ICP 和最大开闭口的 AEMG 外) 。MKG 的同步检测和分析表明各参数中倾斜度( Slant) 、垂直位移( Vertical) 、前后位移( A. /P. ) 在不同下颌运动中也具有显著性差异, 并与 sEMG 参数有一定的相关性。结论: 通过 sEMG 与 MKG 同步记录和联合分析下颌运动的方法, 可以分析下颌运动的特征性参数。

**【关键词】**咀嚼肌; 肌电图( EMG) ; 下颌运动轨迹描记仪( MKG) ; 下颌运动; 运动控制

**【中图分类号】**R 782 **【文献标识码】**A

**【DOI】**10. 3969/j. issn. 1002-0217. 2015. 01. 026

## Correlative analyses of surface electromyogram and mandibular kinesiogram on jaw movement properties in subjects with normal occlusion

WU Ya'nan, FANG Mengru, WANG Yun, WANG Mengya

Cell Electrophysiology Laboratory, Wannan Medical College, Wuhu 241002, China

**【Abstract】Objective:** To establish simultaneous recording technology for correlative analysis of surface electromyogram( sEMG) for masticatory muscles and mandibular kinesiograph ( MKG) in order to characterize jaw movement properties. **Methods:** By using an 8-channel polygraph and an MKG set, sEMG in masseter and anterior digastric muscles as well as MKG were simultaneously recorded in 20 young volunteers with normal occlusion in 7 diverse mandibular position, including intercuspal cusp position ( ICP), the mandibular postural position ( MPP) and mastication, etc, and correlative and time-domain analyses were performed in different jaw movement modality. **Results:** Time-domain analysis showed some differences in sEMG amplitude, average sEMG values and peak of the masticatory muscles in different jaw movements, and presented with significant differences of sEMG amplitude, average sEMG values and peak in individual masticatory muscle in the same jaw movement and mandibular postural position( excluding amplitude and peak in ICP and MPP, average sEMG value in ICP at maximum opening and close movement) . Still, MKG parameters indicated significant differences in diverse mandibular movements and correlation with sEMG parameters (  $P < 0. 01$  or  $P < 0. 05$  ) . **Conclusion:** Simultaneous sEMG and MKG recording technology may be used to correlative characterize masticatory muscle during mandibular movement.

**【Key words】** masticatory muscles; electromyography; mandibular movement kinesiograph; mandibular movements; motor control

口腔功能的实现有赖于下颌运动, 临床上常利用下颌运动轨迹的特征来判断口颌系统的健康与否<sup>[1]</sup>。目前常运用下颌运动轨迹描记仪( mandibular kinesiograph, MKG) 精确地观察下颌中切牙切点

的运动轨迹<sup>[2]</sup>。另外, 表面肌电图( surface electromyography, sEMG) 也常用于口颌系统肌功能的检测<sup>[3]</sup>。要进行咀嚼运动控制机制的研究, 首先要分析下颌运动的特性, 这就需要进行 sEMG 和 MKG 的

基金项目: 国家级大学生创新训练计划( 201310368043) ; 皖南医学院人文与管理学院大学生科研培育基金项目( RG201209) ; 皖南医学院重点科研项目培育基金项目( wk2013Z09) ; 国家自然科学基金项目( 31271155)

收稿日期: 2014-06-09

作者简介: 吴亚男( 1992-), 女, 2010 级本科生, ( 电话) 13956215860, ( 电子信箱) Arenawyn@126. com;

王 云, 女, 副教授, ( 电子信箱) whwy303@hotmail. com, 通讯作者; 汪萌芽, 男, 教授, ( 电子信箱) wangmy@wnmc. edu. cn, 通讯作者。

同步记录和联合分析。为此,本研究在已建立正常殆成人咀嚼肌表面肌电图的参数分析<sup>[4-9]</sup>基础上,将 sEMG 与 MKG 联合同步记录正常殆青年下颌在不同运动时的轨迹及 sEMG 原始信号的分析,对相关参数进行联合时域分析,以获得正常殆人群下颌运动的代表性参数,为进一步开展下颌运动控制机制研究,以及口颌系统疾病的早期诊断和疗效评估提供实验基础。

### 1 对象和方法

1.1 研究对象 普查某医学院口腔医学专业 2011、2012 级学生 280 名,随机选取 20 例正常殆样本(男 8 例、女 12 例),平均年龄(19.2 ± 1.3)岁。样本纳入标准:牙齿排列整齐无间隙,磨牙关系中,前牙覆殆覆盖正常,中线一致,牙周健康,面部左右对称,无不良口腔习惯、正畸治疗史,咀嚼肌无压痛,双侧髁突运动基本对称,无弹响,开口度 37 ~ 45 mm。

1.2 实验仪器 澳大利亚 AD 公司生产的 Power-Lab 8 通道多用途生理记录仪,配置成 4 通道的咀嚼肌肌电图记录和分析系统;美国 BioRESEARCH 公司生产的下颌运动轨迹描记仪(JT-3D)及其分析软件;丹麦 Ambu 公司产蓝点电极片(型号: N-00-S);粘蜡;绿箭口香糖等。

1.3 实验方法 本实验方法经过皖南医学院医学伦理委员会审查批准,实验前所有志愿者均签署知情同意书。

1.3.1 实验条件 室内安静,电屏蔽,室温(20 ± 1)℃。受试者面部清洁,放松,端坐位,两眼平视前方。

1.3.2 记录部位 咀嚼肌 sEMG 记录位点:左侧咬肌(left masseter, LMM)、右侧咬肌(right masseter, RMM)、左侧二腹肌前腹(left anterior digastric, LDA)和右侧二腹肌前腹(right anterior digastric, RDA)。MKG 记录位点:下颌中切牙唇侧颈部贴附磁钢。

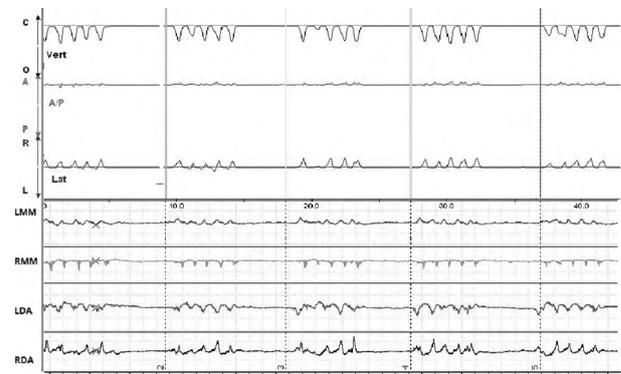
1.3.3 实验操作 ①受试者左侧手臂贴地,表面肌电图记录时所设参数:采样速率 2 k/s,采样量程 1 mV,缩放比例 100:1。②佩戴下颌运动轨迹描记仪面架并固定,在受试者的下颌中切牙位置贴上磁钢,插入磁棒。

1.3.4 实验过程 ①测试前准备:告知受试者测试过程的运动。②记录受试者双侧 MM 和 DA 在 ICP、MPP、最大开闭口、最大前伸、后退接触位(RCP)、咀嚼、侧方运动(左右方向)等 7 种功能状态下的肌电活动和下颌运动轨迹。

1.4 数据分析和统计检验 用 PowerLab 的 Chart Pro7 软件进行肌电信号的原始图形数字化测量、参数分析,结果以( $\bar{x} \pm s$ )表示,不同肌肉间平均肌电值(AEMG)、峰值、平均幅值的差异用单因素方差分析。对下颌运动轨迹记录用美国 BioRESEARCH 公司的 Bio Pak 软件进行分析,在相应模块上获得 Slant(反映下颌运动轨迹的倾斜度)、Vertical(反映下颌垂直向的位移)、A./P.(反映下颌前后向的位移)、Lateral(反映下颌在水平向的左右偏移,一定程度上体现下颌运动的对称性)等参数,分别采用方差分析。sEMG 和 MKG 参数的相关性用直线相关回归分析。 $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

### 2 结果

2.1 sEMG 与 MKG 的同步记录 最大开闭口运动时 sEMG 与 MKG 同步记录的典型记录结果例示于图 1。



上图: MKG, 由上往下分别是开闭口、前后、左右方向的位移; 下图: sEMG, 由上往下分别是 LMM、LDA、RMM、RDA 的肌电图  
图 1 最大开闭口运动的 sEMG 与 MKG 同步记录

#### 2.2 sEMG 的时域分析

2.2.1 咀嚼肌的肌电幅值比较 在时限范围内,最大负峰与最大正峰的幅度差,反映了肌肉电信号的强度及参与的运动单位数目。除 ICP 和 MPP 外,其他各下颌运动状态时咀嚼肌间肌电幅值差异均具有显著性意义。同样,每一咀嚼肌在不同下颌运动状态间肌电幅值差异亦具有显著性意义(表 1)。

2.2.2 咀嚼肌的平均肌电值比较 是一段时间内瞬间肌电图振幅的平均,是反映 sEMG 信号振幅变化的特征性指标,其变化主要反映肌肉活动时运动单位激活的数量、参与活动的运动单位类型以及其同步化程度,与不同肌肉负荷强度条件下的中枢控制功能有关。除 ICP、最大开闭口和最大前伸外,其他各下颌运动状态时咀嚼肌间 AEMG 差异均具有显著性意义。但只有 LMM 在不同下颌运动状态间

AEMG 差异亦具有显著性意义(表 2)。

间机电峰值差异亦具有显著性意义(表 3)。

2.2.3 咀嚼肌的肌电峰值比较 反映肌肉收缩的强度,是肌肉做功的表现。除 ICP 和 MPP 外,其他各下颌运动状态时咀嚼肌间机电峰值差异均具有显著性意义。同样,每一咀嚼肌在不同下颌运动状态

2.3 下颌运动轨迹的时域分析 不同下颌运动状态的 MKG 各参数中除了 Lateral 之外,其他参数都具有显著性差异(表 4)。

表 1 不同下颌运动状态时咀嚼肌表面肌电幅值的比较(  $\mu V \bar{x} \pm s n=20$  )

Tab 1 Comparison of the sEMG amplitude in masticatory muscles during diverse jaw movements(  $\mu V \bar{x} \pm s n=20$  )

	LMM	RMM	LDA	RDA	F 值
ICP	66.90 ± 25.54	83.00 ± 61.40	86.96 ± 39.37	87.65 ± 65.24	0.74
MPP	61.93 ± 25.80	63.71 ± 34.26	79.83 ± 44.17	81.30 ± 52.32	1.30
最大开闭口	163.73 ± 78.93	198.93 ± 84.47	558.30 ± 171.72	623.11 ± 246.73	48.21**
最大前伸	53.46 ± 17.53	77.34 ± 40.28	96.68 ± 47.95	105.54 ± 73.00	4.47**
RCP	27.45 ± 5.67	31.87 ± 10.58	128.97 ± 80.86	102.42 ± 39.70	25.07**
咀嚼	74.51 ± 26.10	70.12 ± 21.46	170.53 ± 38.44	159.28 ± 54.64	41.13**
侧方运动	47.87 ± 14.11	63.28 ± 27.13	90.63 ± 33.88	88.86 ± 21.51	13.49**
F 值	30.47**	26.44**	94.01**	70.7**	

单因素方差分析: \*\* $P < 0.01$

表 2 不同下颌运动状态时咀嚼肌表面肌电的平均肌电值比较(  $\mu V \bar{x} \pm s n=20$  )

Tab 2 Comparison of the sEMG and its mean value for masticatory muscles in diverse jaw movements(  $\mu V \bar{x} \pm s n=20$  )

	LMM	RMM	LDA	RDA	F 值
ICP	19.92 ± 4.46	53.28 ± 11.91	28.60 ± 6.40	22.85 ± 5.11	2.72
MPP	11.76 ± 2.63	23.34 ± 5.22	21.66 ± 4.84	30.59 ± 6.84	12.25**
最大开闭口	47.10 ± 10.53	54.91 ± 12.28	74.06 ± 16.56	210.08 ± 46.97	0.32
最大前伸	12.52 ± 2.80	29.75 ± 6.65	28.19 ± 6.30	61.54 ± 13.76	2.50
RCP	7.43 ± 1.66	7.55 ± 1.69	23.66 ± 5.29	18.68 ± 4.18	3.63*
咀嚼	10.80 ± 2.41	10.81 ± 2.42	23.02 ± 5.15	32.84 ± 7.34	5.39**
侧方运动	12.08 ± 2.70	13.19 ± 2.95	16.44 ± 3.68	17.17 ± 3.84	4.18**
F 值	2.55*	0.72	0.75	0.19	

单因素方差分析: \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

表 3 不同下颌运动状态时咀嚼肌表面肌电的峰值比较(  $\mu V \bar{x} \pm s n=20$  )

Tab 3 Comparison of the peak value sEMG for masticatory muscles in diverse jaw movements(  $\mu V \bar{x} \pm s n=20$  )

	LMM	RMM	LDA	RDA	F 值
ICP	0.09 ± 10.28	5.92 ± 21.24	9.08 ± 33.10	1.43 ± 11.38	0.21
MPP	1.35 ± 8.45	4.12 ± 15.66	12.55 ± 35.13	1.05 ± 5.66	2.69
最大开闭口	2.43 ± 19.51	1.85 ± 25.85	5.13 ± 38.28	2.65 ± 53.00	24.41**
最大前伸	5.66 ± 8.56	5.07 ± 30.94	7.56 ± 40.16	3.99 ± 20.35	2.86*
RCP	1.15 ± 7.01	2.55 ± 9.63	7.11 ± 50.55	0.49 ± 19.68	14.59**
咀嚼	1.72 ± 4.74	1.15 ± 8.00	6.39 ± 21.52	2.44 ± 11.15	19.16**
侧方运动	4.79 ± 15.16	3.81 ± 13.86	10.65 ± 34.67	0.41 ± 10.88	7.50**
F 值	10.89**	14.76**	114.83**	24.15**	

单因素方差分析: \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

表 4 不同下颌运动状态 MKG 的时域分析( mm  $\bar{x} \pm s$   $n = 20$ )

Tab 4 Time-domain analysis of MKG in diverse jaw movements( mm  $\bar{x} \pm s$   $n = 20$ )

	Slant	Vertical	A. /P.	Lateral
ICP	0.18 ± 0.19	0.11 ± 0.10	0.08 ± 0.18	0.05 ± 0.09
MPP	0.48 ± 0.42	0.35 ± 0.37	0.22 ± 0.27	-0.10 ± 0.37
最大开闭口	30.93 ± 3.99	23.66 ± 2.31	19.93 ± 3.88	1.54 ± 2.57
最大前伸	4.48 ± 1.51	3.32 ± 1.07	-2.82 ± 1.54	0.83 ± 0.67
RCP	0.70 ± 0.41	0.32 ± 0.23	0.58 ± 0.43	-0.09 ± 0.23
咀嚼	8.21 ± 3.22	7.29 ± 2.68	3.67 ± 2.02	0.06 ± 2.13
侧方运动	2.03 ± 0.70	1.25 ± 0.71	-1.18 ± 1.12	-0.19 ± 5.06
F 值	579.98 **	712.16 **	364.93 **	1.53

单因素方差分析: \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , A. /P. 负值默认方向向前, Lateral 负值默认方向向右

2.4 sEMG 与 MKG 的相关性分析 根据各参数间具有显著意义 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ), 初步筛选为相关性即直线相关系数  $r$  值的分析, 参数相关关系 相应下颌运动的 sEMG 和 MKG 特征性参数(表 5)。

表 5 不同下颌运动的 sEMG 和 MKG 参数相关性(  $r$  值)

Tab 5 The correlation of sEMG and MKG parameters in diverse jaw movements(  $r$ )

	$\mu V$ mm	sEMG 幅值				MKG 峰值			
		LMM	RMM	LDA	RDA	LMM	RMM	LDA	RDA
ICP	Max. Slant	0.186	0.052	0.450*	0.472*	0.348	0.085	0.418	0.251
	Slant	0.539*	0.361	0.322	0.652**	0.394	0.150	0.129	0.456*
OPEN	Vertical	0.477*	0.257	0.177	0.601**	0.510*	0.225	0.253	0.509*
	A. /P.	0.580**	0.459*	0.390	0.661**	0.337	0.122	0.049	0.367
	Slant	0.148	0.200	0.328	0.403	0.356	0.591**	0.497*	0.357
最大前伸	Vertical	0.021	0.025	0.224	0.618**	0.261	0.421	0.521*	0.431
	A. /P.	0.212	0.400	0.355	0.087	0.382	0.614**	0.340	0.146
	Slant	0.288	0.354	0.574**	0.616**	0.245	0.081	0.293	0.378
RCP	Vertical	0.398	0.533*	0.314	0.403	0.158	0.091	0.364	0.315
	A. /P.	0.247	0.297	0.617**	0.630**	0.213	0.105	0.263	0.356
	Max A. /P.	0.166	0.518*	0.206	0.199	0.148	0.397	0.277	0.198
	Max. lateral	0.371	0.511*	0.302	0.160	0.487*	0.069	0.012	0.184
咀嚼运动	Slant	0.392	0.500*	0.492*	0.222	0.368	0.783*	0.150	0.229
	Vertical	0.312	0.452*	0.427	0.187	0.312	0.786**	0.147	0.218
	A. /P.	0.494*	0.586**	0.604**	0.294	0.372	0.702**	0.120	0.246
侧方运动	Max. Vertical	0.137	0.716**	0.076	0.041	0.165	0.643**	0.187	0.109

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

### 3 讨论

实验中下颌处于 ICP 时, 咀嚼肌表面肌电图幅值、峰值均无显著差异正是下颌处于稳定状态的体现; 而处于 MPP 时, 咀嚼肌表面肌电图幅值、峰值均无显著差异是咬肌与二腹肌前腹参与收缩的肌束较少, 肌电信号不活跃的表现, 受神经调控肌肉处于放松的状态。

咀嚼肌的平均肌电值在正常人群的 下颌正中方向(即仅在矢状面、垂直面的运动, 下颌无偏斜) 运动时, 包括最大开闭口、最大前伸及后退三种边缘运动下均无显著差异性说明咀嚼肌在神经中枢的调控

下不同肌肉已达到稳定的负荷强度, 且不存在左右侧肌肉电活动的显著差异, 亦反证正常人群的筛选标准。

下颌运动 ICP 的特征性参数是双侧 DA 的幅值和 Max. Slant; 最大开闭口运动时的特征性参数是双侧 MM、DA 的幅值、峰值和 Slant、A. /P.、Vertical; 最大前伸运动时的特征性参数是双侧 MM 的峰值和 Slant; RCP 时的特征性参数是双侧 DA 的幅值和 A. /P.; 咀嚼运动时的特征性参数是双侧 MM、DA 的幅值和 Max. Lateral、Max. Slant; 侧方运动时的特征性参数是双侧 MM 的幅值和 Max Slant。

由于实验采集样本容量的限制,相关参数的采集具有一定的局限性,如在 MKG 的各指标中, Lateral 在 MPP、RCP 与侧方运动时均表示偏向右侧,这可能与受试者的习惯性动作有关<sup>[10]</sup>,其原因还有待于进一步研究。

下颌运动有赖于神经系统的调控,通过运动下颌的肌肉、颞下颌关节及骀的协同作用而完成。受试者在完成实验所设计的下颌运动是受中枢神经系统来调控相关咀嚼肌的收缩,在肌肉收缩期间,其收缩力量取决于支配肌细胞的  $\alpha$  神经运动神经元激活的下行运动控制通路的数目。换言之,募集的运动神经元愈多,激活的运动单位就愈多,其探测的是肌肉收缩力量也愈大, sEMG 记录的肌纤维电活动就愈强。下颌运动轨迹以下颌中切牙为记录参照点描述下颌运动,记录的位移实时反映下颌运动的轨迹。

咀嚼肌肌电图是记录肌肉放电活动的有效手段,但缺乏对于动作完成的实质性记录,在判断受试者完成受试动作的方向性、流程性以及是否到位具有一定的局限性<sup>[11]</sup>,且个体差异的皮肤、皮下脂肪和筋膜均可削弱肌电的记录。反之,下颌运动轨迹描记仪单独记录动作,忽视了咀嚼肌功能在下颌运动中发挥的作用<sup>[12]</sup>。通过 sEMG 与 MKG 同步记录技术,既可在动作实施的过程中观察肌肉的放电活动,亦可精确判断受试动作的完成情况。运用 sEMG 和 MKG 的瞬时生物反馈在干预治疗中发挥效果,同时结合二者在各种下颌运动的特征性参数,使得口腔颌系统疾病的诊断与疗效评估具有重要指数可循。

致谢: 皖南医学院细胞电生理研究室王邦安高级实验师

提供技术协助。

## 【参考文献】

- [1] Faulkner KD, Atkinson HF. Mandibular movement in lateral excursions [J]. J Oral Rehabil, 1984, 11(2): 103-109.
- [2] 李国珍, 韩科. 下颌运动轨迹描记仪对健康人各类下颌运动范围的定量研究 [J]. 中华口腔医学杂志, 1993, 28(3): 140-142.
- [3] 马庆春, 李林. 表面肌电图在儿童神经康复医学中的应用现状 [J]. 中国康复理论与实践, 2010, 16(12): 1144-1146.
- [4] 杨超, 王云, 王邦安, 等. 正常骀成人咀嚼肌表面肌电图的参数分析 [J]. 皖南医学院学报, 2011, 30(5): 345-350.
- [5] 潘文平, 范建中. 表面肌电图在康复医学中的一些应用 [J]. 中国康复, 2011, 2(1): 59-60.
- [6] Al-Saleh MA, Armijo-Olivo S, Flores-Mir C. Electromyography in diagnosing temporomandibular disorders [J]. J Am Dent Assoc, 2012, 143(4): 351-362.
- [7] Castroflorio T, Falla D, Tartaglia GM. Myoelectric manifestations of jaw elevator muscle fatigue and recovery in healthy and TMD subjects [J]. J Oral Rehabil, 2012, 39(9): 648-658.
- [8] 王建超, 梁锐英, 吴文慧. 咀嚼肌肌电图在口腔研究领域的应用 [J]. 当代医学, 2010, 16(3): 21-22.
- [9] Armijo-Olivo S, Silvestre R, Fuentes J. Electromyographic activity of the cervical flexor muscles in patients with temporomandibular disorders while performing the craniocervical flexion test: a cross-sectional study [J]. Phys Ther, 2011, 91(8): 1184-1197.
- [10] 邓未宏, 龙星, 李小丹, 等. 正常人群下颌运动轨迹的研究 [J]. 口腔医学研究, 2005, 21(5): 552-554.
- [11] 陈玉琴, 钱海馨, 耿屹, 等. 牙列重度磨耗和磨牙症患者咀嚼肌肌电信号分析 [J]. 上海交通大学学报, 2008, 28(2): 200-202.
- [12] 颜朝云, 汪美青, 陈金武, 等. 单侧部分后牙锁骀者的咀嚼运动轨迹研究 [J]. 实用口腔医学杂志, 2004, 20(5): 558-562.