

· 口腔医学研究 ·

## 短期训练对正常人下颌和手指运动准确度和精确度的影响

刘京京<sup>1,2</sup>, 李 琥<sup>1</sup>, 陈文静<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>南京医科大学附属口腔医院口腔正畸科, 口腔疾病研究江苏省重点实验室, 江苏 南京 210029; <sup>2</sup>中国-丹麦口颌面痛及颞下颌关节病研究中心, 江苏 南京 210029

**[摘要]** 目的: 研究短期训练对正常人下颌和手指运动的准确度和精确度的影响。方法: 纳入20例正常受试者, 在30 min的训练前后分别记录10次连续的下颌和手指运动, 计算其准确度和精确度并进行比较。结果: 短期训练后下颌和手指运动的准确度和精确度均明显提高( $P < 0.05$ ), 手指运动的提高幅度更大( $P < 0.05$ )。结论: 短期训练可以提升下颌运动与手指运动表现, 这验证了运动控制机制中存在着显著的神经可塑性现象。脊神经支配的手指运动与三叉神经支配的下颌运动在运动学习能力上存在差异, 短期运动训练对手指运动的提高更大。

**[关键词]** 下颌运动; 手指运动; 运动训练; 神经可塑性

**[中图分类号]** R783.5

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1007-4368(2020)05-759-04

**doi:** 10.7655/NYDXBNS20200527

## Effects of short-term training on accuracy and precision of jaw and finger movement in healthy Chinese

LIU Jingjing<sup>1,2</sup>, LI Hu<sup>1</sup>, CHEN Wenjing<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Orthodontics, Jiangsu Key Laboratory of Oral Diseases, the Affiliated Stomatological Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029; <sup>2</sup>Sino-Denmark Orofacial Pain and Temporomandibular Disorder (TMD) Research Center, Nanjing 210029, China

**[Abstract]** **Objective:** This study aims to investigate effects of short-term training on accuracy and precision of jaw and finger movement in healthy Chinese. **Methods:** Twenty healthy volunteers were recruited in this study. We recorded 10 consecutive jaw and finger movements separately before and after a 30-minute motor training and then calculated and compared their accuracy and precision. **Results:** Accuracy and precision of jaw and finger movements were significantly improved after short-term training ( $P < 0.05$ ), and finger movement improved more than jaw movement ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Short-term training can improve the performance of jaw and finger movement, which demonstrates that neuroplasticity occurs in motor control. Spinally innervated finger movement differs from trigeminally innervated jaw movement in motor learning. Short-term motor training helps to improve finger movement.

**[Key words]** jaw movement; finger movement; motor training; neuroplasticity

[J Nanjing Med Univ, 2020, 40(05): 759-762]

咀嚼是人类赖以生存的运动功能之一。人类大脑的中枢模式发生器(central pattern generator, CPG)是人类能够协调颌面部神经肌肉行使咀嚼功

能的原因。下颌的开闭口运动是咀嚼的一个重要组成部分。CPG控制着开闭口运动的速度与频率, 在接收到口颌面的本体和机械感受器反馈后进行调节, 从而最大化地行使咀嚼功能, 防止周围组织损伤<sup>[1]</sup>。

系统在环境施加的新约束条件下进行结构和功能改良的能力称为可塑性。重复的运动训练任务, 如下颌、舌、手的运动已被证实能够激发神经可

**[基金项目]** 江苏省高校优势学科建设工程资助项目(2018-87)

\*通信作者(Corresponding author), E-mail: chenwenjing\_orth@163.com

塑性,从而优化肌肉功能<sup>[2-5]</sup>。下颌运动和手指运动分属三叉神经和脊神经支配,现有文献支持三叉神经和脊神经支配的肌肉在活动性和执行机制上存在着显著差异。因此,本研究旨在探究短期训练对正常人下颌和手指运动的影响,以及两者间是否存在差别。

## 1 对象和方法

### 1.1 对象

本研究招募了20例南京医科大学在校大学生,男女各10例,年龄(23.5±1.2)岁。排除标准:①近1个月内发生头痛、口颌面疼痛及上肢疼痛;②颞下颌关节、腕关节、指关节和相关肌肉疼痛与运动受限;③颌面部及上肢的外伤史;④影响关节或相关肌肉的全身性疾病史;⑤精神病史及神经系统病史;⑥正在进行口腔治疗;⑦服用止疼药。该研究获得了所有受试者的知情同意,经本院伦理委员会审核批准。

本研究使用运动描记仪(K7/CMS, Myotronics 公司,美国)记录下颌和手指运动,精确度为0.1 mm,频率为50 Hz。其原理是利用头戴式框架中的8个磁传感器,跟踪并描记固定于下中切牙和惯用手食指的磁铁(CMS Magnet, Myotronics 公司,美国)的运动。通过同公司的软件(K7 Program, Myotronics 公司,美国)对运动数据进行记录,存储和分析。

### 1.2 方法

所有受试者接受间隔30 min的2次试验。受试者未进行任何训练即接受第1次试验,而在经过30 min的训练后接受了第2次试验。试验及训练过程中均使用了设定为10次/min的节拍器来控制运动的速度,以保证试验中运动速度的一致性。

下颌运动试验时受试者呈端坐位,磁铁固定于下颌中切牙唇面,在试验开始前,指导受试者做最大张口运动,重复3次取平均值以记录患者的最大张口距离,取其值的50%为下颌运动的目标位置。试验中要求受试者重复执行10次连续开闭口运动至目标位置。

手指运动试验时受试者呈端坐位,惯用手和前臂平放于桌面,手掌向下,全掌平贴于桌面,磁铁固定于惯用手食指指甲上方。在试验开始前,指导受试者做惯用手食指抬高运动,目标位置为指尖垂直方向抬高20 mm。试验中要求受试者重复执行10次连续手指运动至目标位置。

在接受了第1次试验后,受试者进行了30 min

的训练。我们为每个受试者按照其目标位置制作了个性化的标尺,以期帮助受试者定位下颌和食指需要达到的目标位置。受试者使用个性化标尺各完成5组下颌运动和手指运动的训练。每组训练与试验相仿,以10次/min的速度重复连续执行10次开闭口运动或手指运动。每组训练间隔2 min的休息。受试者的所有试验数据通过K7软件记录。

准确偏离度(Ac)定义为各次运动记录值与目标值的绝对误差( $\mu$ )与目标值( $X$ )的比值,并用百分比表示。

$$Ac = \frac{\mu}{x} \times 100\%, \mu = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} |x_i - X| \quad (i=1, 2, 3 \dots 9, 10)$$

精确偏离度(Pr)定义为各次运动记录值的标准差( $\sigma$ )与平均值( $\bar{x}$ )的比值,并用百分比表示。

$$Pr = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%, \sigma = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2} \quad (i=1, 2, 3 \dots 9, 10)$$

Ac与Pr值越小,表明运动的准确度与精确度越高。训练前后Ac与Pr的相对变化(relative change, RC)用于直接比较下颌和手指运动表现的改变,正值代表运动表现提升,负值代表运动表现下降,仍以百分比表示。

$$RC_{Ac} = \frac{\text{训练前Ac} - \text{训练后Ac}}{\text{训练前Ac}} \times 100\%$$

$$RC_{Pr} = \frac{\text{训练前Pr} - \text{训练后Pr}}{\text{训练前Pr}} \times 100\%$$

### 1.3 统计学方法

利用SPSS20.0软件进行统计分析,下颌运动与手指运动组间、训练前后组间数据采用配对样本 $t$ 检验,男女性别组间数据采用独立样本 $t$ 检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

20例受试者均完成了本项试验。无论训练与否,下颌运动的Ac或Pr与手指运动的Ac或Pr均有显著差异( $P < 0.05$ )。受试者在经过30 min训练后下颌和手指运动的Ac和Pr与接受训练前相比均有显著差异( $P < 0.05$ ),训练后的Pr与Ac明显小于训练前。短期训练后,下颌和手指运动Ac和Pr的相对变化相比同样有统计学意义( $P < 0.05$ ),手指运动的相对变化大于下颌运动(图1)。

男性相对于女性下颌运动准确度与精确度的相对变化并无统计学意义,手指运动亦如此( $P > 0.05$ )。

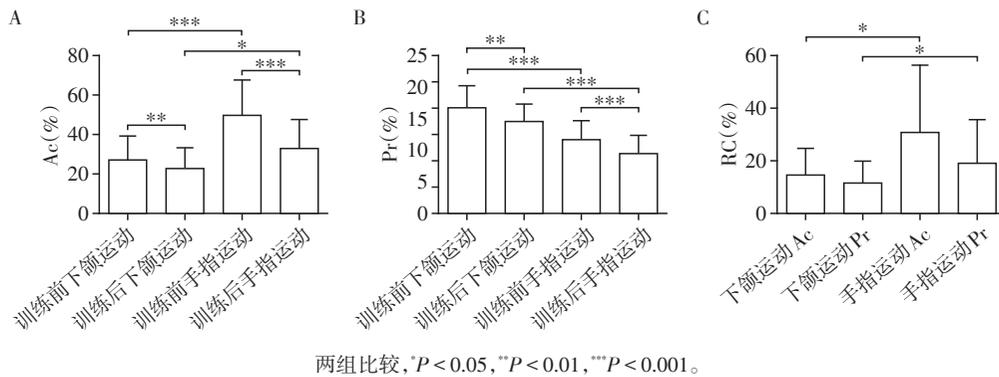


图1 运动训练前后下颌和手指运动的准确度、精确度及其相对变化

Figure 1 Accuracy, precision and relative changes of jaw and finger movement before and after motor training

### 3 讨论

本研究评估了短期(30 min)运动任务训练前后的下颌和手指运动表现,结果显示下颌和手指运动任务表现的准确度和精确度显著提高。

近年来咬合重建得到了口腔学界越来越大的关注,但咬合重建后随之而来的功能重建却并没有得到其应有的重视。全口义齿修复、种植修复、正颌手术等治疗常伴随着咀嚼功能的下降,如何提高此类患者治疗后的咀嚼效率是亟待解决的重要问题。运动训练被视作为功能重建的一种重要方法<sup>[6]</sup>,而下颌运动是咀嚼运动的重要组成部分,但国内却未见学者对于其运动训练的相关报道。

#### 3.1 运动训练的影响

神经可塑性可发生于学习新技能、回溯失去的旧技能和优化现有的技能过程中。重复的运动训练已被国外学者证实可以引发神经可塑性<sup>[7-9]</sup>。在同样的30 min短期训练任务后,Kumar等<sup>[10]</sup>观察到训练后受试者可以更快地用上下切牙将目标食物分为更为均等的两半,同时认为功能训练比力量训练更易引发神经可塑性。Iida等<sup>[2]</sup>则在一项为期4 d、每天1 h的紧咬牙任务中通过测试闭口肌的运动诱发电位(motor-evoked potentials, MEPs)证实重复的紧咬牙引起了闭口肌对应中枢的神经可塑性。利用经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS),Svensson等<sup>[11]</sup>发现受试者经过1周的伸舌训练后,其控制舌肌的运动中心发生了明显的神经再塑,但根据2周后随访的结果推测,此神经可塑性可能具有可复性。本研究中下颌和手指运动的提升正是得益于重复的运动训练引发的神经可塑性。

#### 3.2 下颌和手指运动之间的差异

从实验结果来看,虽然下颌和手指运动训练后

准确度与精确度均有提高,但手指运动却具有更大的提高值。有研究指出,在进行类似的运动任务时,三叉神经支配的颌面部肌肉与脊神经支配的手指肌肉的运动控制机制存在着明显差异<sup>[12-13]</sup>,这可能导致2个不同神经系统支配肌肉的肌肉收缩和运动模式的差异。Iida等<sup>[14]</sup>使用功能性磁共振成像(functional MRI, fMRI)直接比较轻握拳运动和轻咬牙运动时的大脑皮质活动性,结果显示轻握拳运动是大脑活动性较低的一方,即轻握拳运动是运动模式更为简单的运动。通过2个系统相似功能运动的fMRI直接对比,我们发现手部运动的运动模式更为简单,由此可以推测短期运动训练后,手部运动可能更易学习到新的技能,更易得到现有技能的优化。本研究中手指的运动表现提高更大的结果与此推测符合。

#### 3.3 局限性

年龄、解剖结构、训练流程及训练时间、个人的积极性、视觉反馈、记忆与学习能力等因素都有可能对运动学习产生影响,从而影响运动表现的提升。这些因素可能具有临床相关性,也可能为新的研究方法提供基础。本研究的受试者集中于年轻人群,训练为短时间简单运动训练,未来还需要设计更大年龄范围的受试者,进行更长时间、更复杂的训练类型的试验。

短期训练可以提升下颌运动与手指运动表现,这验证了运动控制机制中存在着显著的神经可塑性现象。脊神经支配的手指运动与三叉神经支配的下颌运动在运动学习能力上存在差异,短期运动训练对手指运动的提高更大。这些研究结果可能为将来咬合重建患者的功能重建及再训练提供理论基础,以探索新的方法。

#### [参考文献]

[1] KUMAR A, CASTRILLON E, TRULSSON M, et al. Fine

- motor control of the jaw following alteration of orofacial afferent inputs[J]. *Clin Oral Investig*, 2017, 21(2): 613-626
- [2] IIDA T, KOMIYAMA O, OBARA R, et al. Repeated clenching causes plasticity in corticomotor control of jaw muscles[J]. *Eur J Oral Sci*, 2014, 122(1): 42-48
- [3] IIDA T, OVERGAARD A, KOMIYAMA O, et al. Analysis of brain and muscle activity during low-level tooth clenching - a feasibility study with a novel biting device[J]. *J Oral Rehabil*, 2014, 41(2): 93-100
- [4] IIDA T, KOMIYAMA O, HONKI H, et al. Effect of a repeated jaw motor task on masseter muscle performance[J]. *Arch Oral Biol*, 2015, 60(11): 1625-1631
- [5] KOTHARI M, SVENSSON P, JENSEN J, et al. Training-induced cortical plasticity compared between three tongue-training paradigms[J]. *Neuroscience*, 2013, 246: 1-12
- [6] KUMAR A, KOTHARI M, GRIGORIADIS A, et al. Bite or brain: Implication of sensorimotor regulation and neuroplasticity in oral rehabilitation procedures[J]. *J Oral Rehabil*, 2018, 45(4): 323-333
- [7] KUMAR A, SVENSSON K G, BAAD-HANSEN L, et al. Optimization of jaw muscle activity and fine motor control during repeated biting tasks[J]. *Arch Oral Biol*, 2014, 59(12): 1342-1351
- [8] HELLMANN D, GIANNAKOPOULOS N N, BLASER R, et al. Long-term training effects on masticatory muscles[J]. *J Oral Rehabil*, 2011, 38(12): 912-920
- [9] JOHANSSON A S, KARL-GUNNAR W, EDIN B B. Task-dependent control of the jaw during food splitting in humans[J]. *J Neurophysiol*, 2014, 111(12): 2614-2623
- [10] KUMAR A, GRIGORIADIS J, TRULSSON M, et al. Effects of short-term training on behavioral learning and skill acquisition during intraoral fine motor task[J]. *Neuroscience*, 2015, 306: 10-17
- [11] SVENSSON P, ROMANIELLO A, ARENDT-NIELSEN L, et al. Plasticity in corticomotor control of the human tongue musculature induced by tongue-task training[J]. *Exp Brain Res*, 2003, 152(1): 42-51
- [12] KUMAR A, TANAKA Y, GRIGORIADIS A, et al. Training-induced dynamics of accuracy and precision in human motor control[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 6784
- [13] ZHANG H, KUMAR A, LUO X P, et al. Effect of short-term training on fine motor control in trigeminally innervated versus spinally innervated muscles[J]. *Hum Mov Sci*, 2018, 58: 132-139
- [14] IIDA T, KATO M, KOMIYAMA O, et al. Comparison of cerebral activity during teeth clenching and fist clenching: a functional magnetic resonance imaging study[J]. *Eur J Oral Sci*, 2010, 118(6): 635-641

[收稿日期] 2019-11-23

(上接第758页)

- 学报(自然科学版), 2017, 37(6): 767-770
- [12] CHEN L, SUH BI, BROWN D, et al. Bonding of primed zirconia ceramics: Evidence of chemical bonding and improved bond strengths[J]. *Am J Dent*, 2012, 25(2): 103-108
- [13] YOSHIHARA K, YOSHIDA Y, HAYAKAWA S, et al. Self-etch monomer-calcium salt deposition on dentin[J]. *J Dent Res*, 2011, 90(5): 602-606
- [14] YOSHIHARA K, YOSHIDA Y, NAGAOKA N, et al. Adhesive interfacial interaction affected by different carbon-chain monomers[J]. *Dent Mater*, 2013, 29(8): 888-897
- [15] FEITOSA V P, OGLIARI F A, VAN MEERBEEK B, et al. Can the hydrophilicity of functional monomers affect chemical interaction?[J]. *J Dent Res*, 2014, 93(2): 201-206
- [16] WANG R, SHI Y, LI T, et al. Adhesive interfacial characteristics and the related bonding performance of four self-etching adhesives with different functional monomers applied to dentin[J]. *J Dent*, 2017, 62(1): 72-80
- [17] YOSHIOKA M, YOSHIDA Y, INOUE S, et al. Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues[J]. *J Biomed Mater Res*, 2002, 59(1): 56-62
- [18] YOSHIHARA K, HAYAKAWA S, NAGAOKA N, et al. Etching efficacy of self-etching functional monomers[J]. *J Dent Res*, 2018, 97(9): 1010-1016
- [19] BRACKETT M G, LI N, BRACKETT W W, et al. The critical barrier to progress in dentine bonding with the etch-and-rinse technique[J]. *J Dent*, 2011, 39(3): 238-248
- [20] SARR M, KANE AW, VREVEN J, et al. Microtensile bond strength and interfacial characterization of 11 contemporary adhesives bonded to bur-cut dentin[J]. *Oper Dent*, 2010, 35(1): 94-104
- [21] DANESHKAZEMI P, GHASEMI A, DANESHKAZEMI A, et al. Evaluation of micro shear bonding strength of two universal dentin bondings to superficial dentin by self etch and etch-and-rinse strategies[J]. *J Clin Exp Dent*, 2018, 10(9): e837-e843
- [22] ROSA W L, PIVA E, SILVA A F. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Dent*, 2015, 43(7): 765-776

[收稿日期] 2019-06-03