

文章编号 1006-8147(2016)02-0144-03

论 著

骨导麦克风在咀嚼运动研究中的探索

夏 樾¹, 肖丹娜², 王 璐², 高 辉²

(1.天津医科大学研究生院, 天津 300070; 2.天津市口腔医院正畸科, 天津 300040)

摘要 目的:应用骨导麦克风收集正常成人咀嚼运动产生的咀嚼音,并对咀嚼音特点进行初步探索。方法:随机选取均角骨面型的个别正常在校大学生30名,其中男性13名[平均年龄(26.8±2.1)岁],女性17名[平均年龄(26.3±1.8)岁]。每人咀嚼4粒熟花生米,每粒花生米重量为(2.24±0.16)g。使用骨导麦克风记录咀嚼音,praat5.4.04软件收录录音样本wav文件,分析男女两组音强(MI)、最大音高(MP)差异及MP、MI与咀嚼循环次数(MC)和咀嚼时间(MT)之间的相关性。结果:男女两组咀嚼MI、MP、MC和MT差异都不具有统计学意义。咀嚼MC与MT相关系数为0.804 ($P<0.01$),MI和MC、MT相关系数分别0.992 ($P<0.01$)、0.844 ($P<0.01$),均呈高度正相关。而MP与MC、MT无相关性。结论:咀嚼音强可作为咀嚼运动中耗能的参考指标;正常成人男女咀嚼音强、最大咀嚼音高无统计学差异。

关键词 骨导麦克风;音强;音高;咀嚼运动;咀嚼音

中图分类号 R78

文献标志码 A

Study of chewing movement by the bone-conducted microphone

XIA Yue¹, XIAO Dan-na², WANG Lu², GAO Hui²

(1. Graduate School, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China; 2. Department of Orthodontic, Tianjin Stomatological Hospital, Tianjin 300040, China)

Abstract **Objective:** To study the characteristics of the sound of normal human masticating recorded by the bone-conducted microphone. **Methods:** A total of 30 subjects were chosen randomly in the college, 13 male and 17 female. The average age of male was (26.8±2.1) years old, and female (26.3±1.8) years old. Four similar volume peanuts masticated by every subject were weighted (2.24±0.16)g. The sound of the subject masticating by the bone-conducted microphone of BONE VIBRATION HEADGEAR was recorded. The masticatory time (MT) and the number of masticatory cycles (MC) were branded by the praat 5.4.04 and the intensity of masticatory sound (MI) and the pitch of masticatory sound (MP) were calculated. The statistic difference and correlation between the male and female and the correlation among MI, MP, MC and MT were analysed. **Results:** The differences in male and female were not statistical significant ($P<0.05$). The correlation coefficient between MI and MT was 0.992 ($P<0.01$), between MI and MC 0.844 ($P<0.01$), between MT and MC 0.804 ($P<0.01$). The correlations among MT, MC and MI were significant positive. And there was no correlation between MP and MC, MT. **Conclusion:** The energy consumption of normal human masticatory could be reflected by the intensity of masticatory sound. There is no statistic difference between MP and MI in male and female.

Key words bone-conducted microphone; intense of sound; pitch of sound; masticate; chewing sounds

口腔的主要功能之一是咀嚼^[1]。在对咀嚼运动发声的研究中,Ingle^[2]在1957年最早提出可以用声音来评价咬合状态,随后Brenman和Hattler^[3]以及Watt^[4-5]最早使用声音传感器收录受试者咬合运动发出的声音,主要使用后牙咬合过程声音振动频率及振幅变化的换算进行评价,并将其做为评测咬合状况的正式工具。受限于硬件组件、收音设备和声学解析软件,无法剔除杂散信号获得完整的语音信息,使咬合运动的声学研究一直有所争议^[6]。骨导麦克风最初研制用于助听及军事,通过固体直接传

声,很好地避免了环境中其他杂音的影响。本研究使用骨导麦克风收集成人自然咀嚼过程咀嚼音,使用praat软件计算咀嚼音音强(MI)及音高(MP)。比较音强、音高性别之间的差异,并将其和定量食物自然咀嚼过程中咀嚼循环次数(MC)和咀嚼时间(MT)做相关性研究。初步探索咀嚼运动中咀嚼音的变化特点。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器 骨导麦克风:BONE VIBRATION HEADGEAR (Model:HG17 series) 改装为3.5 mm音频线接口;语音收集装置:ZOOM H4N 录音装置,利用硬件节点录制,采样频率为8 000 Hz,采样精度为16 bit,单声道;咀嚼物:熟花生米,每粒体积大致相似,重量为(2.24±0.16)g;分析软件:praat5.4.04,荷

基金项目 国家临床重点专科建设项目(口腔正畸专业)(国卫医办函[2013]544号)

作者简介 夏樾(1989-),男,硕士在读,研究方向:口腔正畸学;通信作者:肖丹娜, E-mail: drxiaodanna@gmail.com。

兰阿姆斯特丹大学人文学院语音科学研究所。

1.2 研究对象 随机选取天津医科大学在校大学生 30 名,其中男性 13 名,平均年龄(26.8 ± 2.1)岁,女性 17 名,平均年龄(26.3 ± 1.8)岁。受试者为均角骨面型,完整恒牙列,磨牙区为安氏 I 类咬合。受试者无系统性疾病;颌面部无正颌、外伤治疗史;无严重牙列拥挤;口内无修复体;无颞颌关节疾病。

1.3 试验方法

1.3.1 测定环境选择 选择安静室内环境,将骨导麦克风静置录音 1 min,将录音 wav 文件导入 praat 软件观察声波波形,无明显波动则选定为试验环境。

1.3.2 数据收集方法 受试者端坐,自然头位,受试前蒸馏水充分含漱,保持录音时周围环境安静。将骨导麦克风固定在受试者颊部颞颌关节区皮肤。受试者闭唇单侧咀嚼熟花生 4 粒,自咀嚼开始录音至自然吞咽完成结束录音。将录音 wav 文件导入 praat,通过软件计算咀嚼 MI、MP,统计 MC 与 MT。

1.4 统计学处理 用 Spss17.0 软件进行分析,设定检验水准 $\alpha=0.01$ 。使用 Kolmogorov-Smirnov 检验测试 MI、MP、MC、MT 4 组数据正态性。使用两独立样本 t 检验比较男女两组的 MI、MP 差异,使用 Pearson 分析评测 MI、MP、MC、MT 之间的相关性。

2 结果

骨导麦克风收录咀嚼音生成 wav 文件,通过计算机导入 praat 软件,即可显示每个声音样本的波形图,如图 1。选取每位受试对象的完整咀嚼过程波形图,播放音频并随时控制暂停,统计出 MC 及 MT。通过软件计算出每个受试对象咀嚼过程中咀嚼音 MI 和 MP。经单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验 MP、MI、MC、MT 4 组数据都呈正态分布。

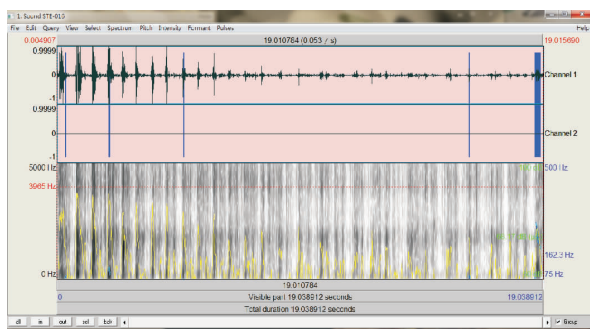


图 1 wav 文件在 praat 软件中生成波形图

Fig 1 The waveform from the wav in praat

2.1 不同性别间 MI、MP、MC 和 MT 差异 不同性别咀嚼音统计数据如表 1。对男女两组 MI、MP、MC 和 MT 进行两独立样本 t 检验,不同性别间 MI、MP、MT、MC 的 P 值大于 0.05,差异无统计学意义。

表 1 30 例正常成人男女咀嚼音数据($\bar{x} \pm s$)

Tab 1 Chewing sound data of 30 adults ($\bar{x} \pm s$)

性别	MC/次	MT/s	MI/dB	MP/Hz
男	26.85 \pm 10.68	20.99 \pm 9.02	1342.42 \pm 588.29	1379.83 \pm 148.65
女	25.12 \pm 7.67	16.22 \pm 4.66	1030.44 \pm 271.23	1374.14 \pm 174.32

2.2 分别比较 MI、MP、MC、MT 相关性 由图 2、图 3 和图 4 的统计散点图显示在 MI 与 MT、MI 与 MC、MT 与 MC 的散点分布分别呈现正相关趋势。使用 Pearson 分析在 $P<0.01$ 水平上对 MI、MP、MC、MT 进行一元线性相关分析,得出 MT 与 MC 相关系数 $r=0.804$;MI 与 MT 相关系数 $r=0.992$;MI 与 MC 相关系数 $r=0.844$,MI 与 MC、MT 之间呈高度正相关。而 MP 与 MI、MC、MT 之间的相关系数 r 分别为 0.201、0.194、0.193,无相关性。

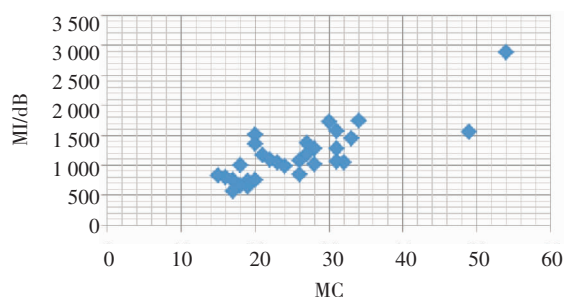


图 2 咀嚼次数与咀嚼音强散点图

Fig 2 Scatter diagram of MC and MI

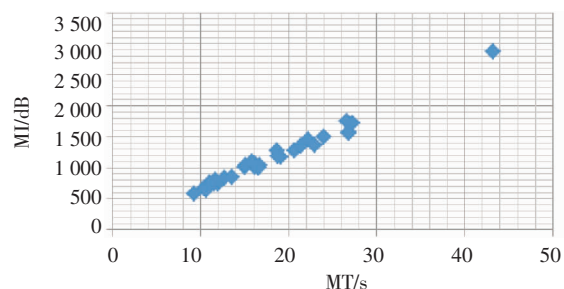


图 3 咀嚼时间与咀嚼音强散点图

Fig 3 Scatter diagram of MT and MI

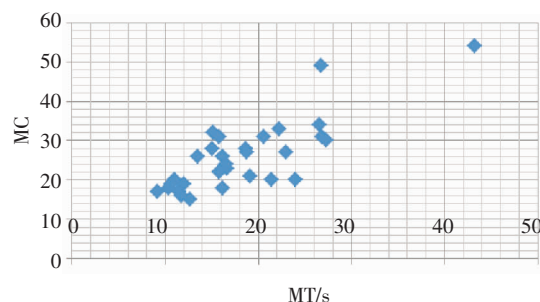


图 4 30 例成人咀嚼时间与咀嚼次数散点图

Fig 4 Scatter diagram of MT and MC

3 讨论

学者们在咀嚼音的前期研究中,常常关注极短时间或单次咀嚼声音,以考察颌力及咬合状态的变化^[2-5]。1992年 Bagnall 等^[6]发现由于收音装置及数据传输硬件、声学处理软件、试验条件的限制、试验数据的单一等,不认为咀嚼中声音的信号能作为对咬合的研究指标。1998年 Tyson 等^[7]对咀嚼中声音信号的可靠性进行研究,认为声音信号可以作为咬合的研究指标。由于咀嚼音的研究处于争议,之后相关研究较少。2000年 Prinz 等^[8]在生物工程学上将咀嚼音做为相关参考指标研究,2008年姜若萍, Tyson 等^[9]使用咬合音对稳定咬合的时间做出研究,此后并无相关报道。

本研究着力于解决声音信号的完整及处理争议,使用骨导麦克风及现代声学软件进行研究。Pumphrey^[10-12]首次提出“超声骨传导”的概念,相对于空气传导,骨导利用独立的传导路径和更宽的频率范围避免在空气中的噪声。在助听、电子通信以及军事中已成熟运用。咀嚼音是牙体硬组织与固体食物之间的运动产生固体声。固体声在固体传播中几乎没有衰减且具有纯音性^[13],本研究中骨导麦克风收集的咀嚼时颌面部软硬组织传导的固体音,数据完整准确且收集过程简单,联合现代声学软件解决了数据处理问题。主要对定量硬质食物咀嚼中的能耗变化进行了初步研究。

早期由于声音数据软件的限制,学者们使用傅立叶转换功率谱计算颌音的频谱变化,用于评测咬合运动过程中的稳定性、颌力及错颌畸形的诊断^[14-16]。而对咀嚼运动中口颌系统的咀嚼音并无报道。本研究不仅关注自然咀嚼过程中产生咀嚼音的音高,而且对音强这个基本属性也做了初步探索。音高反映声音调的高低,音强是一种计量声音大小的量,描述声音响度,两者反映声波携带能量之大小^[17],在固体声中也同时反映两固体物质撞击产生的能量大小。所以本研究选择自然咀嚼过程中的总体音强为咀嚼运动中能耗的参考指标。音高是固体中分辨声调高低的指标,固体声中为单音,所以音高代表固体声声频高低。以往对颌音主要是对其频谱变化及衰减的研究,认为音高能够反映颌力大小^[18],所以本研究选择最大音高为咀嚼运动中颌力的参考指标。Nicolas 等^[19]使用录像及图像分析技术,研究完整的自然咀嚼过程,发现 MT、MC 与肌电高度相关且可重复性高。本试验研究了定量食物咀嚼过程中 MT、MC 的相关性,其相关系数为 0.804,呈高度正相关,这反映出在定量食物的咀嚼中,咀嚼时间、

咀嚼循环次数协同反映食物的咀嚼程度。MT 与 MC 值越大则咀嚼中耗能越大,肌力越强,食物被咀嚼程度越高。MI 体现了咀嚼过程中咀嚼音的能耗,在其相关性检验中,MT、MC、MI 之间相关性很高,提示咀嚼音的强度指标变化与咀嚼运动的肌力和耗能紧密相关。在 MI 与 MT、MC 的相关性研究中,相关系数分别为 0.992、0.844,呈高度正相关。这进一步提示在咀嚼运动过程中,所耗的能量越多,食物被咀嚼的越精细。MP 则代表咀嚼过程中最大颌力,在其与 MI、MC、MT 的相关性研究中,相关系数分别为 0.201、0.194、0.193,并无相关性,提示最大颌力与咀嚼中耗能和食物咀嚼程度并无关联。

对不同性别的 MT、MC、MI、MP 的差异研究中发现,男女两组指标差异并无统计学意义。可能受测对象都属于身体状况正常的青年,且咬合功能良好,因此在自然咀嚼状态下对硬质食物咀嚼颌力及耗能并无显著差异。这一结论与邓飞龙等^[20]和 de Abreu 等^[21]测量青年人自然咀嚼过程咀嚼能力相同。

本研究在整个试验过程中,使用骨导麦克风收集固体音,对咀嚼声音信号收集完整无损失。收集方法及步骤简单,可用于临床环境。利用现代声学软件,使对声音信号的处理和数据收集变得简单易操作。在本研究中除了验证传统的音高指标外,同时发掘了音强指标亦可做为研究咀嚼运动中能耗的参考指标。对于声学在咀嚼运动中的深入研究,如错颌畸形、咀嚼效能的声学研究有待我们进一步的探寻。

参考文献:

- [1] Yurkstas A. The mastication act, A review[J]. Prosthet Dent, 1969, 15: 248
- [2] Ingle J I. Determination of occlusal discrepancies [J], J Am Dent Assoc, 1957, 54(1):6
- [3] Brenman H S, Hattler A B. Myograms and occlusograms[J]. Dent Prog (Chic), 1963, 3: 253
- [4] Watt D M. Preliminary report on the auscultation of the masticatory mechanism[J]. Dent Prac Dent Rec, 1963, 14: 27
- [5] Watt D M. Gnathosonics—a study of sounds produced by the masticatory mechanism[J]. J Pros Dent, 1966, 16: 73
- [6] Watt D M. Clinical applications of gnathosonics[J]. J Pros Dent, 1966, 16: 83
- [7] Watt D M. Classification of occlusion[J]. Dent Practit, 1970, 20(9): 305
- [8] Bagnall R D, Tyson K W. Sources of error in gnathosonics[J]. J Dent, 1992, 20(6): 377.
- [9] 朱晓峰.骨导技术及在信息通信中的应用[J]. 电信技术, 2008(5): 18
- [10] 氏家英明,滑川正朗,杉本直树,等.栃洞矿的骨传导通信系统[J].国外金属矿山, 1995(4): 22

(下转第 159 页)

3 讨论

单纯性结膜下出血是尿毒症血液透析患者常见并发症,但相关研究较少,其危险因素尚未明确^[1-3]。台湾最近一项对 67 720 例普通人群研究发现,单纯性结膜下出血发生率为 0.65%,并与年龄密切相关:在 10~19 岁人群中为 0.255%,而在 60~69 岁人群中则为 1.362%^[1]。本研究证实,单纯性结膜下出血在尿毒症血液透析患者中的发生率约为 10%,明显高于普通人群。

球结膜为薄层黏膜,质地透明,与眼球筋膜组织疏松相连,其血管供应十分丰富。由于静脉多于动脉,其血管外压力较低,容易扩张形成静脉瘤,因此在血管内压力升高时易发生出血。有研究表明,球结膜下出血一定程度上可以反应颅内血管较差的状态,高血压、抗凝药物、外伤、动脉粥样硬化等都是单纯性结膜下出血的重要原因。笔者最近研究发现,尿毒症患者存在明显的动脉血管病变,其严重程度常与血管僵硬程度相平行^[4],并发单纯性结膜下出血不容忽视。通过对出血组与未出血组比较发现,出血组患者透析龄、血压、血磷、baPWV 等均明显高于未出血组,而这些指标均与尿毒症血管硬化或钙化明显相关。通过进一步相关分析显示,透析龄、血压、既往单纯性结膜下出血病史、血磷、iPTH、baPWV 水平与单纯性结膜下出血明显正相关,而多元逐步回归分析则显示既往单纯性结膜下出血病史、血压、baPWV 是单纯性结膜下出血的独立危险因素。这一研究结果提示,高血压等导致动脉血管僵硬程度增加的疾病可能是导致尿毒症血液透析患者单纯性结膜下出血的重要原因。

本研究并未发现单纯性结膜下出血组患者与未出血组肝素用量、Cr、TC、TG、CRP 等水平之间存在明显差异。肝素为血液透析患者常用抗凝药物,过量后导致消化道出血甚至脑出血的情况已有报道,而导致单纯性结膜下出血的报道很少,但仍应提高警惕,必要时改用低分子肝素透析。Simpson 等^[6]报道,使用低分子肝素透析的尿毒症患者中,3 个月内共 1 408 次透析仅发生 1 次单纯性结膜下出血。

总之,本研究通过对 310 例尿毒症维持性血液透析患者的 1 年期观察发现,该患者人群中单纯性结膜下出血发生率约 10%,明显高于普通人群的 0.65%^[1],多元回归分析显示单纯性结膜下出血病史、血压、baPWV 是导致尿毒症血液透析患者单纯性结膜下出血的重要危险因素。

参考文献:

- [1] Hu D N, Mou C H, Chao S C, et al. Incidence of Non-Traumatic subconjunctival hemorrhage in a nationwide study in Taiwan from 2000 to 2011[J]. PLoS One, 2015, 10(7):e0132762
- [2] Mimura T, Yamagami S, Usui T, et al. Location and extent of subconjunctival hemorrhage[J]. Ophthalmologica, 2010, 224(2):90
- [3] Harada K, Fujimoto T, Asato Y, et al. Virological and epidemiological analysis of coxsackievirus A24 variant epidemic of acute hemorrhagic conjunctivitis in Okinawa, Japan, in 2011[J]. Clin Ophthalmol, 2015, 9(9):1085
- [4] 王婷婷. 不同制瓣方式 LASIK 术后玻璃体后脱离与结膜下出血的研究[D]. 天津:天津医科大学,2013
- [5] 闫铁昆,林珊,贾俊亚,等.尿毒症患者桡动脉钙化与骨密度及血清骨代谢指标的关系[J]. 中华肾脏病杂志,2012,28(12):916
- [6] Simpson H K, Baird J, Allison M, et al. Long-term use of the low molecular weight heparin tinzaparin in haemodialysis[J]. Haemostasis, 1997, 26(2):90

(2015-09-24 收稿)

(上接第 146 页)

- [11] Hassall J R, Zakeri K. Acoustic noise measurements[M]. Briell & Kjaer, 1979:1
- [12] 王光. 固体声的特点[J]. 噪声与振动控制, 1985(5):58
- [13] David M W. Gnathosonics -A study of sounds produced by the masticatory mechanism[J]. J Prosthetic Dentistry, 1966, 16(1): 73
- [14] Graber T M. Gnathosonic diagnosis and occlusal dynamics, American [J]. J Orthodont, 1982, 81(4):345
- [15] Thomson H. Gnathosonic diagnosis and occlusal dynamics [J]. J Dentistry, 1982, 10(2):170
- [16] 吴宗济,林茂灿,鲍怀翘,等.实验语音学[M].北京:高等教育出版社,1989:29
- [17] 马大猷,阎守胜,聂玉昕,等.现代声学理论基础[M].北京:科学出版社,2004:385
- [18] Nicolas E, Veyrune J L, Lassauzay C, et al. Validation of video versus electromyography for chewing evaluation of the elderly wearing a complete denture[J]. J Oral Rehabil, 2007, 34(8): 566
- [19] Hennequin M, Allison P J, Veyrune J L, et al. Clinical evaluation of mastication: validation of video versus electromyography[J]. Clinical Nutrition, 2005, 24(2): 314
- [20] 邓飞龙,梁焕友,杨进.正常年青人咀嚼功能测定分析[J].牙病防治杂志,1993,1(2):30
- [21] de Abreu R A, Pereira M D, Furtado F, et al. Masticatory efficiency and bite force in individuals with normal occlusion[J]. Arch Oral Biol, 2014, 59(10):1065

(2015-10-26 收稿)