

· 临床研究 ·

不同肘部支撑高度对打字时相关肌肉活动及舒适性的影响

杨皓 胡海华 刘加海 陈岚岚

【摘要】目的 探讨肘部支撑高度对打字时相关肌肉活动及主观舒适性的影响。**方法** 选取 10 名在校大学生为受试者,分别在离桌面 3 cm、0 cm、-3 cm、-6 cm 及无支撑 5 种高度下进行打字,利用双极肌电记录系统采集受试者右侧头夹肌、斜方肌、肱二头肌、桡侧伸肌、指屈肌、桡侧屈肌及指伸肌的平均肌电值(AEMG),采用问卷调查对受试者颈部、肩部、手前臂及手部在不同支撑高度下的主观舒适性进行评判。**结果** 肘部支撑高度对斜方肌($F = 10.245, P = 0.000$)、桡侧腕长伸肌($F = 6.693, P = 0.000$)、指伸肌($F = 3.580, P = 0.013$)的标准化 AEMG 值有显著影响($P < 0.05$)。斜方肌在无肘部支撑和支撑高度为 3 cm 时的标准化 AEMG 值较高,分别为 $[(174.14 \pm 77.50)\%]$ 和 $[(131.02 \pm 35.30)\%]$,肘部支撑高度为 -6 cm 时的标准化 AEMG 值 $[(65.00 \pm 24.26)\%]$ 较小;桡侧腕长伸肌在肘部支撑高度为 -6 cm 和 -3 cm 时,肌肉标准化 AEMG 值较小,3 cm 时 $[(107.91 \pm 13.28)\%]$ 较高;指伸肌在无肘部支撑和 -6 cm 高度下的标准化 AEMG 值分别为 $[(88.77 \pm 14.94)\%]$ 和 $[(91.56 \pm 9.88)\%]$,3 cm 时 $[(103.09 \pm 7.88)\%]$ 较高。在不同肘部支撑高度下,受试者同一部位的主观舒适度之间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 肘部支撑高度可改变打字时相关肌肉的 AEMG,但对受试者主观舒适性无显著影响,其原因可能与打字姿势和神经肌肉运动控制模式发生改变有关。

【关键词】 肘部支撑; 打字; 肌肉活动; 舒适性

The effects of elbow support on muscle activity and comfort while typing YANG Gao*, HU Hai-hua, LIU Jia-hai, CHEN Lan-lan. * Zhejiang University City College, Hangzhou 310028, China
Corresponding author: LIU Jia-hai, Email: ljhyqq@yahoo.com.cn

【Abstract】 Objective To observe the effect of elbow support on muscle activity and subjective feelings of comfort during typing. **Methods** Ten college students voluntarily participated in this experiment. They typed the same text using elbow supports of five different heights. The distance between their elbows and the desk was supported at 3 cm below, 0 cm, and -3 cm and -6 cm above the desk. There was also an unsupported condition. Myoelectric readings were recorded from the right splenius, trapezius, biceps, extensor carpi radialis, flexor digitorum superficialis, flexor carpi radialis, and extensor digitorum muscles. Perceptions of comfort of the neck, shoulder, hand and forearm, and hand using the different supports were surveyed using a questionnaire. **Results** One way ANOVA shows that the height of the elbow significantly affects the activity of the trapezius, the extensor carpi radialis and the extensor digitorum muscles. Trapezius muscle activity was higher with 3 cm high elbow support than without support, and the value was smaller when using -6 cm elbow support. The activity of the carpi radialis longus extensor was least when using -6 cm and -3 cm elbow support, and greatest with 3 cm support. Extensor digitorum activity was least when using -3 cm high elbow support and again greatest with 3 cm support. The different elbow support heights had no significant relationship with comfort perceptions for any body part. **Conclusion** The height of elbow support can change the average myoelectric signals from muscles during typing, but there is no significant difference in the typist's perception of comfort. This could be due to a change of typing position and neuromuscular motion control mode in response to the height of elbow support.

【Key words】 Elbow support; Typing; Muscle activity; Comfort

长时间使用计算机开展工作是引发重复性劳损(repetitive strain injuries, RSI)的主要原因之一^[1]。

RSI 特指与体力活动相关的上肢病症,临床表现为疼痛、疲劳、僵硬、麻木、刺痛和冷热反应,严重者会影响日常工作,甚至丧失工作能力^[1-2]。该疾病的主要诱因是长时间重复性作业(每日 >4 h)和不良静态姿势,同时心理因素也会对其造成一定影响^[3,4]。键盘使用者罹患骨骼肌病症的比例高达 76%,其中,跟电脑人机

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.11.014

作者单位:310028 杭州,浙江大学城市学院(杨皓、胡海华、刘加海);杭州师范大学钱江学院(陈岚岚)

通信作者:刘加海,Email:ljhyqq@yahoo.com.cn

工效学相关的诱因有桌子、椅子和屏幕的高度及人在三者中所处的姿势状态等^[5]。研究表明^[6-8],为上部或腕部增加支撑界面可减少肌肉用力,有效减轻成人作业时的骨骼肌负荷。肘部支撑可使左右侧斜方肌的最大用力收缩(maximum voluntary contraction, MVC)值下降 0.83% 和 0.61%,上部支撑可有效降低主观不适感,减轻颈肩及上部疼痛^[9-12]。也有研究发现^[13],使用专业设计的弯曲状支撑桌反而会增加肌肉负荷。基于上述研究基础,本研究选取 10 名在校大学生为受试者,探讨不同肘部支撑高度对打字时相关肌肉活动及主观舒适性的影响,旨在为人机工作环境的优化设计提供更好的指导与建议。

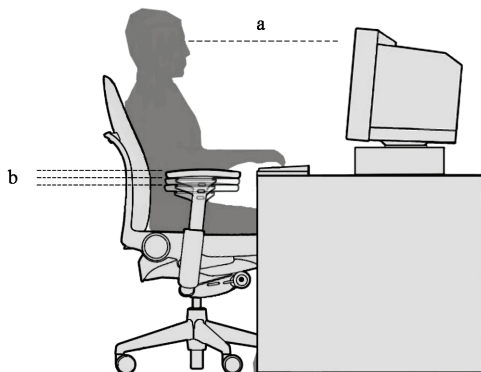
资料与方法

一、研究对象

选取在校大学生 10 例,年龄 21~25 岁,平均年龄(22.7±1.5)岁,其中男 5 例,女 5 例,男生平均身高(175.2±3.1)cm,女生平均身高(157.1±3.4)cm,均排除颈肩腰腿痛及其他骨骼肌肉疾病。受试者实验前 24 h 内均未做剧烈运动。

二、研究方法

以桌面水平面为基准,按椅子扶手与桌面的垂直高度分为 3 cm、0 cm、-3 cm、-6 cm 及无支撑 5 种高度,3 cm 表示扶手高度高于桌面 3 cm,0 cm 表示扶手高度与桌面平行,-3 cm 和 -6 cm 分别表示扶手高度低于桌面高度 3 cm 和 6 cm,无支撑表示无肘部支撑,即受试者肘部为悬空状态。研究采用高度可调的座椅,保证在无支撑状态下不同坐高的受试者前臂与上臂夹角为 90°,同时调节显示器高度,使受试者可平视屏幕上端。受试者具体作业状态详见图 1、图 2。



注:“a”表示受试者视线与电脑屏幕上端平齐;“b”表示不同肘部支撑高度

图 1 受试者具体作业示意图

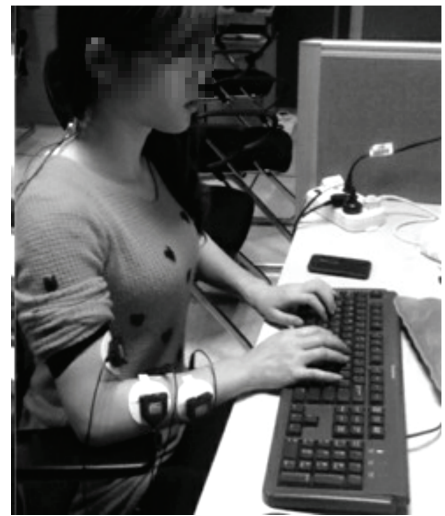


图 2 受试者具体作业现场图

为保证实验过程中的单因素条件不受影响,实验开始前,受试者需先进行 10 min 的准备活动。在 3 cm、0 cm、-3 cm、-6 cm 及无支撑 5 种状态下,所有受试者均需进行同一篇英文打字练习 10 min,在受试者对打字内容初步熟悉后可正式开始实验。实验前,受试者需静坐 5 min,期间由研究人员安放表面肌电图电极,安放完成后,由研究人员先采集肌电信号 30 s,在听到“开始”指令后,受试者按照打字软件的要求进行打字练习,每种支撑状态下打字 10 min,每 10 min 后休息 5 min,休息期间停止采集肌电信号,由研究人员调整各位受试者的扶手高度并再次确认肌电图电极的连接状态。受试者在 5 种不同的肘部支撑状态下,按照上述步骤打字 5 次后,实验结束。

三、检测方法

1. 平均肌电值(average electromyography, AEMG): 采用加拿大产 SA7550 型双极肌电记录系统采集打字过程中受试者右侧头夹肌、斜方肌、肱二头肌、桡侧腕长伸肌、指浅屈肌、桡侧腕屈肌及指伸肌 7 块肌肉的表面肌电信号。肌电图采样频率为 1000 Hz,共模抑制比(common-mode rejection ratio, CMRR) > 130 dB,总增益为 1000,噪声 < 1 V,信号经 A/D 转换(12 bit)后存入计算机待处理,使用 BioGraph 软件导出计算后的 AEMG 作为反映肌肉活动强度的指标。

2. 主观舒适性:采用问卷调查形式对受试者进行调查,评判不同肘部支撑高度下受试者颈部、肩部、手前臂及手部的主观舒适性。问卷采用 5 个等级表示舒适度分级,5 级表示很舒服、4 级表示舒服、3 级表示一般、2 级表示不舒服、1 级表示极不舒服。问卷中,对实验设定的 5 个高度进行编号,让每位受试者以抽签形式选择打字操作时肘部支撑高度的顺序,每种支撑高

度打字结束后立即进行主观舒适性评价。

四、统计学分析

采用 SPSS 11.7 版统计学软件包进行数据处理,参照文献[14]所用方法,以肘部支撑为 0 cm 时各肌肉的 AEMG 值为基准对实验数据做标准化处理,将不同肘部支撑高度下的 AEMG 值与之比较,得出 AEMG 的标准化值。采用单因素方差分析考察不同肘部支撑高度对各肌肉标准化 AEMG 值及各部位主观舒适性的影响。采用最小差异显著法(least significant difference, LSD)和 Tamhane's T2 法进行均值多重比较,分析不同肘部支撑高度间的差异。

结 果

一、不同肘部支撑高度对打字相关肌肉标准化 AEMG 值的影响

单因素方差分析表明,肘部支撑高度对斜方肌($F = 10.245, P = 0.000$)、桡侧腕长伸肌($F = 6.693, P = 0.000$)、指伸肌($F = 3.580, P = 0.013$)的标准化 AEMG 值有显著影响($P < 0.05$)。其中,在斜方肌通道中,无肘部支撑和支撑高度为 3 cm 时的标准化 AEMG 值较高,肘部支撑高度为 -6 cm 时,斜方肌较为省力;在桡侧腕长伸肌通道中,肘部支撑高度为 -6 cm 和 -3 cm 时的肌肉标准化 AEMG 值较小,3 cm 时肌肉的标准化 AEMG 值较高;指伸肌通道中,无肘部支撑和 -6 cm 肘部支撑高度下的标准化 AEMG 值较小,肘部支撑高度为 3 cm 时,标准化 AEMG 值较高。详见表 1。

二、不同肘部支撑高度对受试者主观舒适性的影响

利用问卷形式对受试者颈部、肩部、手前臂及手部的主观舒适度进行调查分析,发现在不同肘部支撑高度下,受试者同一部位的主观舒适度之间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),表明不同肘部支撑高度对受试者颈部、肩部、手前臂及手部的主观舒适性无明显影响。详见图 3。

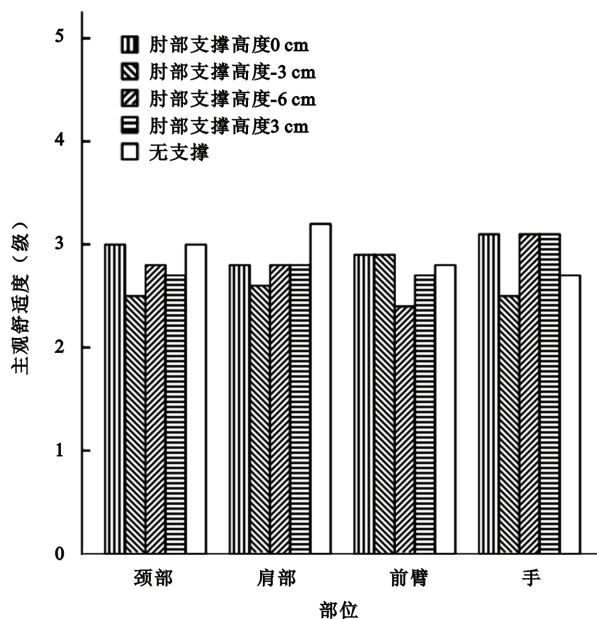


图 3 不同肘部支撑高度下受试者的主观舒适度差异

讨 论

本研究探讨了不同肘部支撑高度对打字活动相关肌肉平均振幅和主观舒适性的影响,发现肘部支撑高度对受试者斜方肌、桡侧腕长伸肌及指伸肌的肌电活动有显著影响($P < 0.05$),对受试者的主观舒适性则无明显影响($P > 0.05$)。既往研究发现^[5,7-9],添加支撑界面可显著减少手臂肌肉及斜方肌的肌电活动。本研究中,椅子扶手高度在低于桌面 3 cm 和 6 cm 时,肌肉活动显著减少,当椅子扶手高度等于或高于桌面高度时,肌肉活动则呈现出增加迹象,推测其原因在进行电脑作业时,肘部高度低于桌面高度,二者间形成了固有的高度差,当支撑高度过高时,上肢处于异常的弯曲状态,导致相应肌肉过度受累,提示在设计办公环境时,应对桌椅的高度进行综合考虑,以达成最佳的工效学设计方案。研究发现^[10-12],使用上臂支撑或有扶手的椅子可降低计算机工作人员长时间作业时的不适感。由于主观舒适性受生理、心理、环境等多方面影

表 1 不同肘部支撑高度下打字相关肌肉的标准化 AEMG 值

肌肉名称	0 cm(%, $\bar{x} \pm s$)	-3 cm(%, $\bar{x} \pm s$)	-6 cm(%, $\bar{x} \pm s$)	3 cm(%, $\bar{x} \pm s$)	无肘部支撑(%, $\bar{x} \pm s$)	F 值	P 值
头夹肌	100.00 ± 0.00	121.72 ± 64.29	89.24 ± 35.37	94.91 ± 26.2	132.57 ± 69.91	1.530	0.210
斜方肌	100.00 ± 0.00	73.52 ± 24.91	65.00 ± 24.26 ^a	131.02 ± 35.30 ^{bc}	174.14 ± 77.50 ^{bc}	10.045	0.000
肱二头肌	100.00 ± 0.00	105.57 ± 48.35	100.19 ± 48.50	92.43 ± 41.17	68.91 ± 17.09	1.589	0.194
桡侧腕长伸肌	100.00 ± 0.00	89.48 ± 8.10 ^a	83.10 ± 7.11 ^a	107.91 ± 13.28 ^{bc}	97.84 ± 20.69	6.693	0.000
指浅屈肌	100.00 ± 0.00	95.75 ± 12.82	99.22 ± 12.33	118.22 ± 56.88	106.27 ± 25.62	0.933	0.453
桡侧腕屈肌	100.00 ± 0.00	103.63 ± 13.63	101.86 ± 9.22	93.95 ± 6.74	107.73 ± 20.20	1.839	0.138
指伸肌	100.00 ± 0.00	99.02 ± 10.12	91.56 ± 9.88 ^a	103.09 ± 7.88 ^c	88.77 ± 14.94 ^{abd}	3.580	0.013

注:与 0 cm 比较,^a $P < 0.05$;与 -3 cm 比较,^b $P < 0.05$;与 -6 cm 比较,^c $P < 0.05$;与 3 cm 比较,^d $P < 0.05$

响,在评定这一指标时常需让受试者在稳态下进行。本研究所设不同肘部支撑高度对受试者主观舒适性未产生显著影响,分析这一结论可能与测试时间较短和测试状态未达稳态有关,在今后的研究中,应适当增加训练次数或时间,减少其对主观舒适性评定所造成的影响。目前,有关肘部支撑对电脑作业时肌肉相关活动的影响机制尚未完全阐明。有研究发现^[6],肘部支撑相对于腕部支撑可更好地减少肩部酸痛发生率,原因可能是上臂重量及稳定性由肩部肌肉负荷,肘部支撑时斜方肌的活动相对减少,不易疲劳。本研究认为,打字工作时,腕部或肘部需要有固定的支点来提供支撑,若无支点可供依靠,上肢就需要通过共收缩形式来保持关节的稳定状态,如此以来便增加了肌肉活动,而长时间的等长收缩状态会对肌肉内环境和神经控制产生不良影响,从而发展成为骨骼肌肉系统疾病。

电脑作业时,前臂对骨骼肌系统可起到积极支撑作用,但该作用可能会受到实际工作环境的影响,因为电脑工作者在 40%~80% 的工作时间内都会寻求各种姿势支撑物^[13,15]。目前,由使用电脑所产生的不适症状与临床疾病间的关系还尚未明确。研究显示^[16],成人使用电脑所产生的不适症状部位主要集中在颈肩部(45%)、背部(32%)、前臂/手部区域(30%),且该结果与确诊的骨骼肌疾病位置呈现出较好的相关性。Szeto 等^[17]研究发现,患有骨骼肌疾病的电脑使用者和健康人在肌肉激活模式上存在差异。Juul-Kristensen 等^[18]发现,使用电脑过程中出现的疼痛会增加后期病痛发展的可能性。由此推测,受试者不同部位的主观舒适性差异可能与打字活动时的神经肌肉运动控制模式相关。

综上所述,本研究探讨了肘部支撑高度对打字时相关肌肉活动及主观舒适性的影响,结果发现,肘部支撑高度可引起斜方肌、桡侧腕长伸肌、指伸肌的标准化 AEMG 值发生变化,对受试者的主观舒适性则无明显影响,其原因可能与打字姿势和神经肌肉运动控制模式发生改变有关,具体机制尚需进一步研究验证。

参 考 文 献

- [1] Wahlström J. Ergonomics, musculoskeletal disorders and computer work. *Occup Med*, 2005, 55:168-176.
- [2] Smith P, Bielecky A, Mustard C. The relationship between chronic conditions and work-related injuries and repetitive strain injuries in Canada. *J Occup Environ Med*. 2012, 54:841-846.
- [3] Bongers PM, Kremer AM, ter Laak J. Are psychosocial factors, risk factors for symptoms and signs of the shoulder, elbow, or hand/wrist?: A review of the epidemiological literature. *Am J Ind Med*, 2002, 41:315-342.
- [4] Wahlström J, Hagberg M, Toomingas A, et al. Perceived muscular tension, job strain, physical exposure, and associations with neck pain among VDU users; a prospective cohort study. *Occup Environ Med*, 2004, 61:523-528.
- [5] Aarås A, Horgen G, Bjørset HH, et al. Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. A 6 years prospective study--Part II. *Appl Ergon*, 2001, 32:559-571.
- [6] Straker L, Pollock C, Burgess-Limerick R, et al. The impact of computer display height and desk design on muscle activity during information technology work by young adults. *J Electromyogr Kinesiol*, 2008, 18:606-617.
- [7] Cook C, Burgess-Limerick R, Papalia S. The effect of upper extremity support on upper extremity posture and muscle activity during keyboard use. *Appl Ergon*, 2004, 35:285-292.
- [8] Karlqvist LK, Bernmark E, Ekenvall L, et al. Computer mouse position as a determinant of posture, muscular load and perceived exertion. *Scand J Work Environ Health*, 1998, 24:62-73.
- [9] 韩晓龙,孙庆云. 肘部支撑在视频显示终端作业过程中对背部和右手表面肌电影响的 Meta 分析. *中国安全生产科学技术*, 2009, 5:85-87.
- [10] Rempel DM, Krause N, Goldberg R, et al. A randomised controlled trial evaluating the effects of two workstation interventions on upper body pain and incident musculoskeletal disorders among computer operators. *Occup Environ Med*, 2006, 63:300-306.
- [11] Marcus M, Gerr F, Monteilh C, et al. A prospective study of computer users: II. Postural risk factors for musculoskeletal symptoms and disorders. *Am J Ind Med*, 2002, 41:236-249.
- [12] Cook C, Burgess-Limerick R. The effect of forearm support on musculoskeletal discomfort during call centre work. *Appl Ergon*, 2004, 35:337-342.
- [13] Straker L, Burgess-Limerick R, Pollock C, et al. The impact of computer display height and desk design on 3D posture during information technology work by young adults. *J Electromyogr Kinesiol*, 2008, 18:336-349.
- [14] 王健,杨锐,刘志平. 鞋底类型和步行速度对行走相关肌群平均肌电活动的影响. *体育科学*, 2011, 31:55-58.
- [15] Grandjean E, Hüting W, Pidermann M. VDT workstation design: preferred settings and their effects. *Hum Factors*, 1983, 25:161-175.
- [16] Moffet H, Hagberg M, Hansson-Risberg E, Karlqvist L. Influence of laptop computer design and working position on physical exposure variables. *Clin Biomech*, 2002, 17:368-375.
- [17] Szeto GP, Straker LM, O'Sullivan PB. EMG median frequency changes in the neck-shoulder stabilizers of symptomatic office workers when challenged by different physical stressors. *J Electromyogr Kinesiol*, 2005, 15:544-555.
- [18] Juul-Kristensen B, Søgaard K, Strøyer J, et al. Computer users' risk factors for developing shoulder, elbow and back symptoms. *Scand J Work Environ Health*, 2004, 30:390-398.

(修回日期:2013-09-20)

(本文编辑:凌 琛)