

8h 驾驶工作对中年出租车驾驶员腰腿部肌肉 sEMG 变化的影响*

田 强¹ 黄力平^{1,3} 于诗情¹ 章礼勤¹ 陈固稳²

摘要 目的:本研究以驾龄 5 年以上的中年男性出租车驾驶员为研究对象,观察其腰部竖脊肌和胫骨前肌表面肌电图相关疲劳指标的变化,以评价 8h 驾驶的工作负荷对人体相应部位肌肉疲劳状况的影响。**方法:**30 名从业 5 年以上的中年男性出租车驾驶员(年龄 45.6±5.0 岁)为司机组,15 名中年男性坐姿工作者(年龄 46.1±4.8 岁)为对照组。对司机组 8h 驾驶工作前、后及对照组工作前后双侧腰部竖脊肌和双侧胫骨前肌进行 1min 持续收缩耐力测试,同时使用表面肌电测试系统进行表面肌电测试。**结果:**8h 驾驶工作前后,司机组双侧胫骨前肌各项指标差异无显著性 ($P>0.05$);双侧腰部竖脊肌各项指标表明,8h 驾驶工作能够引发明显的疲劳反应(MF 斜率、MA 斜率明显增大, $P<0.05$; MF 截距明显降低, $P<0.05$),左侧疲劳反应大于右侧(左侧 MF 斜率、MF 截距明显增大, $P<0.05$; 左侧 MA 斜率明显增大, $P<0.01$; 右侧变化不显著);安静状态下,司机组双侧腰部竖脊肌及双侧胫骨前肌的疲劳反应均明显高于对照组。**结论:**8h 驾驶工作负荷能够引发腰部竖脊肌明显的疲劳反应且两侧不对称;长期长时间驾驶能够导致腰腿部肌肉疲劳的慢性累积。

关键词 长时间驾驶;驾驶员;肌肉疲劳;表面肌电图

中图分类号:R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2008)-01-0019-04

The effect of 8 hour driving on sEMG signal changes of lumbar muscles and the tibialis anterior muscles in middle-aged male taxi drivers/TIAN Qiang, HUANG Liping, Yu Shiqing, et al// Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2008, 23(1): 19—22

Abstract Objective:To investigate the muscles fatigue with surface electromyography (sEMG) changes pre- and post- driving. **Method:**Thirty middle-aged male taxi drivers with over 5 years experience of driving were collected in the study, fifteen age-matched sedentary-worked men were volunteered as control. sEMG was recorded on bilateral tibia anterior muscles and erector spinae muscles with NORAXON EMG device pre-driving and after 8 hours driving. The MF, MA, iEMG of sEMG were analyzed for muscles fatigue. **Result:** The MF, MA and iEMG showed: significant differences were displayed on bilateral erector spinae muscles, whereas there were no significant change on bilateral tibialis anterior muscles before and after 8h driving. Even more remarkable changes were seen on the left erector spinae muscle than that on the right side. The fatigability of bilateral tibialis anterior muscles and bilateral erector spinae muscles before work in taxi drivers's group increased significantly compared to that of control group. **Conclusion:** Eight hour driving job can cause significant and unsymmetrical fatigue in bilateral erector spinae. Long-term prolonged driving can promote fatigue up chronically in lumbar and legs muscles of taxi driver.

Author's address Dept. of Health & Exercise Science, Tianjin University of Sport, Tianjin, 300381

Key words prolonged driving; drivers; muscle fatigue; surface electromyography

驾驶机动车的工作体位属于坐姿工作,长时间固定坐姿工作易引发肌肉疲劳^[1,2]。由于长时间驾驶导致的肌肉疲劳不仅对驾车者的身体健康产生不利影响,同时还将影响到道路交通安全。如果长期进行机动车驾驶工作,并不能保证定期进行运动健身,将导致机体的运动能力和健康水平不断下降,引发腰痛等慢性疲劳的症状。研究证实^[3-6],长时间从事客运驾驶工作的司机腰痛发生率特别显著,每周驾车时间大于 20h 者较每周驾车时间小于 10h 者腰痛发病率高 6 倍。同时,由于肌肉疲劳时的反应及其对肢体运动的影响,会影响驾驶员的注意力集中程度及动作的准确度,因此,驾驶疲劳多年以来一直成为

道路交通安全的重要影响因素之一。

目前国内外关于驾驶疲劳研究的报道多为主观疲劳感的量表式调查,对其进行客观指标观测者极少,尤其国内关于此方面的研究更是鲜有报道。本文拟以出租车驾驶员为受试对象,观测其表面肌电图(surface electromyography, sEMG)显示的腰腿部肌

* 基金项目:天津市自然科学基金(05YFJMJC05400)

1 天津体育学院运动人体科学系,天津市河西区卫津南路 51 号,300381

2 北京体育大学研究生院

3 通讯作者:黄力平(天津体育学院运动人体科学系,天津市河西区卫津南路 51 号,300381)

作者简介:田强,男,硕士,实验师

收稿日期:2007-12-20

肉疲劳间的状况,以期发现其中的规律,为进一步针对日益增加的家用车驾驶员设计减轻驾驶疲劳相关运动处方奠定基础。

1 资料与方法

1.1 实验对象

40—55岁中年男性45名,其中:出租车驾驶员30名(驾龄5年以上)为司机组;坐姿工作者15名为对照组,均为来自中学或大学教师。所有受试者均无长期运动史、专业训练史,慢性高血压、心脏病、腰腿部疾患、眼部疾患,测试前5年内无骨折史、无内分泌或代谢疾病、无重大疾病且未做过各种手术治疗,未服用影响骨代谢药物(钙剂、激素、VitD等)。司机组与对照组间年龄、身高、体重差异均无显著性,如表1。

表1 司机组与对照组年龄、身高、体重比较 ($\bar{x}\pm s$)

	司机组(n=30)	对照组(n=15)	P
年龄(岁)	45.6±5.0	46.1±4.8	>0.05
身高(cm)	173.2±5.5	173.4±4.3	>0.05
体重(kg)	79.5±8.8	77.6±7.8	>0.05

1.2 测试流程

司机组:①电话预约测试时间。对话过程中即进行年龄、既往史、运动史等基本情况询问,进行初步筛选。并按照各个司机的出车时间计算其8h工作时间,嘱其工作满8h后进行一日工作后测试。②一日工作后测试。测试顺序:问卷调查、血压、心率测量;体格检查:负荷中表面肌电图测试(双侧胫骨前肌—腰部竖脊肌)。③一日工作前测试。于一日工作后测试结束后1周,进行一日工作前测试。

测试顺序:血压、心率测量;负荷中表面肌电图测试(双侧胫骨前肌、腰部竖脊肌)。

对照组:仅进行安静状态下的各项测试。早上前来,进行问卷调查及体格检查,并进行负荷中sEMG测试。

1.3 sEMG测试

测试仪器:Noraxon(美国)表面肌电图遥测系统(型号:TeleMyo2400T,软件版本:MyoResearchXP MasterPackage Ver:1.03.05)。测试部位:双侧胫骨前肌及腰部竖脊肌。

肌肉定位:胫骨前肌:胫骨外侧胫骨前肌肌腹隆起处最高点;腰部竖脊肌:L3-L4间旁开3cm,肌腹隆起处。皮肤处理:专用细砂纸打磨角质层后用酒精棉球擦拭,保证测试部位皮肤电阻值小于5kΩ。电极贴放:以肌肉定位点为中心,沿肌肉纤维走行方向贴放,两电极间距2cm;无关电极位于右侧胫骨前肌外侧3cm处^[17]。测试方法:电极固定完成后先进行双

侧胫骨前肌测试,左右两侧分别在踝关节跖屈15°处,以50%最大随意收缩(maximal voluntary contraction, MVC)^[8]持续收缩1min,同时记录肌电图信号;然后进行腰部竖脊肌测试,采用自身重量的竖脊肌等长负荷测试^[9]。要求受试者俯卧位,上半身探出床外,髻端齐床边,双下肢并拢并固定于床上,测试时受试者双手抱于脑后,双臂后展,躯干悬空并保持与地面平行,测试时间:1min,同时记录肌电图信号。原始表面肌电图信号利用软件自带的信号处理(signal processing)中的全波整流(full-wave rectification)及平滑(smoothing)功能进行处理,并按每2s为一节段进行标记共30个节段,利用软件自带的频谱/疲劳报告(frequency/fatigue report)和标准表面肌电报告(standard EMG report)分别进行中位频率(median frequency, MF)及平均振幅(mean amplitude, MA)积分肌电(integral electromyography, iEMG)数据的处理及导出。sEMG数据导出后,分别对各项指标进行处理,并进行线性回归,以求得其斜率、截距等。

1.4 统计学分析

所有数据经SPSS13.0软件包统计处理;以t检验分析司机组与对照组间差异的显著性,以配对t检验分析司机组一日工作前后各项指标变化的显著性。显著性水平定为P<0.05。

2 结果

2.1 两组工作前双侧胫骨前肌sEMG比较

见表2。左侧胫骨前肌:MF截距、MA截距、iEMG起始阶段均值等各项指标均表明,起始阶段司机组胫骨前肌疲劳程度显著性大于对照组(P<0.01, P<0.01, P<0.05);对照组MF斜率显著性大于司机组(P<0.01)。右侧胫骨前肌:除MF斜率、MF截距有与左侧胫骨前肌相似的表现外,其余各项指标均无显著性差异。提示,司机组与对照组相比较,双侧胫骨前肌测试起始阶段相对疲劳程度司机组均明显大于对照组,而由测试所引起的肌肉疲劳反应对照组大于司机组,但到达测试结束阶段两组左侧胫骨前肌的疲劳程度无显著性差异。同时,左侧疲劳反应大于右侧。

2.2 两组工作前腰部竖脊肌sEMG比较

见表3。司机组右侧腰部竖脊肌MF斜率显著大于对照组(P<0.05),双侧腰部竖脊肌MF截距非常显著低于对照组(P<0.01, P<0.01)。提示,司机组双侧腰部竖脊肌测试起始阶段疲劳程度大于对照组,司机组右侧腰部竖脊肌由测试所引起的疲劳程

度大于对照组。

2.3 司机组工作前后双侧胫骨前肌 sEMG 比较

见表4。双侧胫骨前肌工作前后比较,MA 截距工作后较工作前明显下降($P<0.05$),其余各项指标均无显著性差异($P>0.05$)。左右两侧胫骨前肌之间相比较,工作后 MF 斜率有显著性差异 ($P<0.05$),MA、iEMG 变化无显著性差异($P>0.05$)。提示,8h 驾驶工作负荷前后双侧胫骨前肌无相对疲劳状况发生,肌肉工作能力无明显变化

2.4 司机组工作前后双侧腰部竖脊肌 sEMG 比较

见表5。左侧腰部竖脊肌工作前 MA 斜率与 iEMG 起始均值均显著性低于工作后($P<0.05$),其余各指标差异均无显著性($P>0.05$)。右侧腰部竖脊肌

表2 司机组与对照组工作前双侧胫骨前肌 sEMG 比较 ($\bar{x}\pm s$)

	司机组(n=30)		对照组(n=15)	
	左侧	右侧	左侧	右侧
MF				
斜率	-0.19±0.19 ^③	-0.22±0.22 ^③	-0.52±0.19	-0.62±0.31
截距(Hz)	71.02±15.54 ^③	70.15±11.92 ^②	99.18±19.75	91.20±22.26
MA				
斜率	1.64±1.31	1.65±1.23	1.87±0.94	1.71±0.59
截距(μV)	128.56±33.05 ^②	131.96±49.37	102.28±27.05	107.31±50.83
iEMG(μVs)				
起始均值	257.29±65.69 ^①	272.96±84.15	211.20±56.39	225.16±109.46
结束均值	342.74±107.92	358.34±95.84	306.13±95.03	314.31±116.37

两组比较:① $P<0.05$;② $P<0.01$;③ $P=0.000$

表4 司机组工作前与工作后双侧胫骨前肌 sEMG 比较 ($\bar{x}\pm s$)

	工作前		工作后	
	左侧	右侧	左侧	右侧
MF				
斜率	-0.19±0.19	-0.22±0.22	-0.18±0.16 ^②	-0.26±0.19
截距(Hz)	71.02±15.54	70.15±11.92	67.53±14.11	67.92±13.73
MA				
斜率	1.64±1.31	1.65±1.23	1.81±1.44	1.58±1.61
截距(μV)	128.56±33.05 ^①	131.96±49.37	118.59±27.20	126.38±36.62
iEMG(μVs)				
起始均值	257.29±65.69	272.96±84.15	238.71±54.57	256.93±75.46
结束均值	342.74±107.92	358.34±95.84	335.06±114.99	341.10±94.25

①工作前后相同侧比较 $P<0.05$;②左侧与右侧比较 $P<0.05$

3 讨论

随着 sEMG 技术的日益成熟,sEMG 及其信号分析技术由于具有良好的特异性、可靠性和局部性,成为近几十年来评价肌肉功能,特别是评价肌肉疲劳方面有效的方法之一^[10]。目前已知在肌肉疲劳过程中,sEMG 信号频域与时域指标均会发生特异性反应,如:频域指标平均功率谱(mean power frequency, MPF)和 MF 随时间延长呈线性递减^[11-13],时域指标 MA 和 iEMG 随时间延长上升或先升后降等^[14]。

iEMG 指在一定时间内肌肉中参与活动的运动单位放电总量。一般认为在肌肉疲劳过程中,iEMG

MF 斜率工作前显著低于工作后 ($P<0.05$),MF 截距工作前显著高于工作后($P<0.05$),MA 斜率工作前显著高于工作后($P<0.05$),其余各指标差异无显著性 ($P>0.05$)。

左右两侧比较:MF 工作前斜率和截距差异均有显著性($P<0.05$),均为右侧大于左侧。MA 工作前斜率左右两侧表现不一致,左侧为下降($P<0.01$),右侧为上升($P<0.05$)。提示,经过一夜休息,未进行驾驶工作负荷时,左侧腰部竖脊肌相对疲劳程度已经大于右侧,而右侧腰部竖脊肌在测试过程中疲劳反应大于左侧。考虑原因为:长期疲劳累积造成左侧腰部竖脊肌安静状态时相对疲劳程度比右侧大。

表3 司机组与对照组工作前双侧腰部竖脊肌 sEMG 比较 ($\bar{x}\pm s$)

	司机组(n=30)		对照组(n=15)	
	左侧	右侧	左侧	右侧
MF				
斜率	-1.05±0.34	-1.15±0.35 ^①	-0.96±0.26	-0.94±0.25
截距(Hz)	88.43±15.59 ^②	93.69±15.59 ^②	108.30±21.37	110.86±21.03
MA				
斜率	-0.05±0.86	0.25±0.47	0.19±0.38	0.41±0.42
截距(μV)	92.18±52.28	85.02±45.05	80.01±27.12	69.69±20.97
iEMG(μVs)				
起始均值	163.11±73.43	163.60±84.17	157.29±51.11	140.46±41.10
结束均值	163.11±68.76	175.25±88.50	165.69±42.71	159.35±45.06

两组比较:① $P<0.05$;② $P<0.01$

表5 司机组工作前与工作后双侧腰部竖脊肌 sEMG 比较 ($\bar{x}\pm s$)

	工作前		工作后	
	左侧	右侧	左侧	右侧
MF				
斜率	-1.05±0.34 ^②	-1.15±0.35 ^①	-1.20±0.39	-1.25±0.41
截距(Hz)	88.43±15.59 ^②	93.69±15.59 ^①	87.74±14.47	89.62±16.02
MA				
斜率	-0.05±0.86 ^{①③}	0.25±0.47 ^{①②}	-0.35±1.01	0.00±0.53
截距(μV)	92.18±52.28	85.02±45.05 ^②	93.88±48.67	85.25±38.83
iEMG(μVs)				
起始均值	163.11±73.43 ^①	163.60±84.17	176.33±88.66	174.00±92.37
结束均值	163.11±68.76	175.25±88.50	160.98±75.21	169.30±83.53

①工作前后相同侧比较 $P<0.05$;左侧与右侧比较:② $P<0.05$,③ $P<0.01$

值越大则参加工作的运动单位数量越多,参与收缩肌纤维放电总和越大,疲劳程度越深。但是,对于该指标反映肌肉疲劳的可靠性问题上,目前的研究还未能达成一致。本研究结果中可见,司机组与对照组安静状态测试中,腰腿部肌肉 iEMG 均呈现上升趋势,而司机组双侧腰部竖脊肌驾驶工作负荷后 iEMG 均表现为下降趋势,且各组数据间差异无显著性。与此相应,MA 在安静状态时左右两侧腰部竖脊肌表现更为明显,左侧斜率为下降,而右侧斜率为上升。因此,就本研究结果而言,能否利用 sEMG 的时域指标评价长时间驾驶或坐姿工作导致的肌肉疲劳仍需进一步的研究。

频域指标的线性递减变化是由于随肌肉疲劳的发生及程度加深, 肌肉发放的电信号中低频成分增加, 从而使得 MF 和 MPF 值下降。因此, 可以用 MF 和 MPF 斜率及截距来反映肌肉工作过程中疲劳发生程度。通常斜率值为负值, 其绝对值越大则表明肌肉疲劳程度越深; 截距值表示测试开始时肌肉的相对疲劳状况, 其值越小, 表明肌肉放电中低频成分越多, 相对疲劳程度越深。国内外现有的研究认为, 静态负荷条件下, MF 和 MPF 均呈线性递减, 且与主观疲劳感一致性较高, 特别是腰部和四肢的肌肉, 其中 MF 斜率可以较好的反映肌肉功能状态^[11,15-16]。本研究发现, 8h 驾驶工作负荷能够引发腰部竖脊肌明显的疲劳反应, 胫骨前肌疲劳反应不明显; 安静状态时, 司机组腰部竖脊肌和胫骨前肌疲劳程度明显大于对照组。

国内已有学者研究证实^[17], 连续长时间驾驶可造成腰背肌疲劳累积, 若得不到及时恢复, 可导致腰背肌功能紊乱。同时, 有文献报告汽车驾驶员腰痛的发病率明显高于非驾驶人^[18]。虽然腰背肌疲劳与腰背痛并无必然联系, 但肌肉疲劳却更易引起腰背痛^[19]。驾驶员工作时所处工作环境的低频振动不仅可以加速肌肉疲劳反应的发生^[20], 还可以使肌肉疲劳恢复时间延迟^[21]。本研究结果中可见, 司机组腰部竖脊肌及胫骨前肌在安静状态下的相对疲劳程度均显著大于对照组, 其原因极有可能是长期长时间接受机动车低频振动刺激所致。

本研究结果中, 腰部竖脊肌与对照组相比较的相对疲劳程度及工作后的疲劳程度均较胫骨前肌大, 其原因考虑主要是由于肌纤维类型的百分构成不同。由于胫骨前肌主要由 I 型肌纤维构成 (达 71%)^[22], 因此其工作负荷前后的相对疲劳反应小于腰部竖脊肌。另外, 有研究证明^[23], 肌纤维类型的百分构成对肌电图频谱转移的速度会有影响, I 型肌纤维含量高者其肌电图频谱向低频转移速度较慢。另外, 驾驶过程中下肢动作比腰部多, 可以促进局部肌肉血液循环, 降低疲劳反应。总之, 导致司机组腰部竖脊肌与胫骨前肌疲劳反应不同的原因较为复杂, 还需在今后的工作中进一步探究。

腰部竖脊肌两侧的不均衡表现, 主要考虑是由于驾驶过程中的体位及动作要求所致。虽然驾驶出租车为坐位工作, 但诸如换挡、调整车内设施等动作均需由右手完成, 左手相对动作较少, 而当肢体活动时会引起躯干肌紧张度发生改变, 因此会造成两侧腰部竖脊肌疲劳表现的不同。而腰部肌肉功能状态的不对称可能是导致腰痛的主要隐患。

4 结论

本研究发现, 8h 驾驶工作负荷能够引发腰部竖脊肌明显的疲劳反应且两侧不对称; 长期长时间驾驶能够导致腰腿部肌肉疲劳的慢性累积。

参考文献

- [1] Buchanan TS, Kim AW, Lloyd DG. Selective muscle activation following rapid varus/valgus moments at the human knee [J]. Med Sci Sports Excer, 1996, 28: 870—876.
- [2] Judex S, Gross TS. Strain gradient correlates with site of exercise-induced bone-forming surface in skeleton [J]. J Bone Miner Res, 1997, 12: 1735—1745.
- [3] Gyi DE, Porter JM. Interface pressure and the prediction of car seat discomfort [J]. Applied Medicine (Lond), 1998, 48: 153—160.
- [4] Porter JM, Gyi DE. The prevalence of musculoskeletal troubles among car drivers [J]. Occupational Medicine (Lond), 2002, 52: 4—12.
- [5] El Falou W, Duchene J, Grabisch M, et al. Evaluation of driver discomfort during long-duration car driving [J]. Applied ergonomics, 2003, 34: 249—255.
- [6] Pietri F, Leclerc A, Bottel L, et al. Low-back pain in commercial travelers [J]. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, 2004, 18: 52—58.
- [7] 李杰摘译. 肌电学基础理论的回顾 [J]. 体育科技信息, 1995, 15(1): 11—14.
- [8] 李涛, 王竹, 吴小明, 等. 肌电功率谱中心频率与肌肉疲劳的相关分析 [J]. 中国康复医学杂志, 1995, 10: 153—155.
- [9] Yuichi U, Takamitsu K, Fumihito T, et al. Spectral electromyographic fatigue analysis of back muscles in healthy adult women compared with men [J]. Arch Phys Med Rehabil, 1998, 79: 536—538.
- [10] 王健, 刘家海. 肌肉疲劳的表面肌电信号特征研究与展望 [J]. 中国体育科技, 2003, 39(2): 4—7.
- [11] Mannion AF, Connelly B, Wood K, et al. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors to fatigue [J]. Spine, 1994, 19: 1223—1229.
- [12] 陈景农, 王健. 静态负荷表面肌电信号功率谱的二维地形图分析 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2001, 19(3): 169—171.
- [13] 王健. 静态负荷肌肉疲劳过程中表面肌电图功率谱转移特征 [J]. 中国运动医学杂志, 2001, 20(2): 199—201.
- [14] 聂金雷, 张勇. 运动性疲劳的肌电图特征 [J]. 天津体育学院学报, 2000, 15(2): 48—52.
- [15] 王笃明, 王健, 葛列众. 静态负荷诱发肌肉疲劳时表面肌电信号 (EMG) 变化与主观疲劳感之间的关系 [J]. 航天医学与医学工程, 2004, 17(3): 201—204.
- [16] Serge HR, Carlo JD, Mark EBS, et al. Spectral electromyographic assessment of back muscles in patients with low back pain undergoing rehabilitation [J]. Spine, 1995, 20: 38—48.
- [17] 梁红英, 吴闻文, 王生, 等. 应用肌电中值频率对高原汽车驾驶员腰背肌疲劳的监测研究 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2002, 20(6): 461—463.
- [18] 于红, 吴闻文, 侯树勋. 汽车驾驶员的腰痛 [J]. 工业卫生与职业病, 1999, 25(5): 315—317.
- [19] 金文杰, 戴力扬. 肌肉疲劳与慢性腰背痛 [J]. 颈腰痛杂志, 2004, 25(2): 134—136.
- [20] 李增勇, 焦昆, 陈铭, 等. 模拟汽车驾驶所致腰部肌肉疲劳的肌电图功率谱分析 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2003, 21(5): 365—367.
- [21] Edwards RH, Hill DK, Jones DA, et al. Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise [J]. J Physiol, 1977, 272: 769—778.
- [22] 李名扬. 国人骨骼肌纤维型的分布研究 [J]. 遵义医学院学报, 1991, 14(2): 1—8.
- [23] Anne FM, Genevieve AD, Joan MS, et al. The influence of muscle fiber size and type distribution on electromyographic measures of back muscle fatigability [J]. Spine, 1998, 23: 576—584.