

·临床研究·

上斜方肌静力牵伸与等长收缩运动干预对颈肩肌肉疼痛患者的疗效观察*

曹龙军¹ 黄力平^{1,4} 牛 岩^{1,2} 邢 剑^{1,3} 刘畅格¹ 田 强¹

摘要

目的:通过6周静力牵伸联合等长收缩方法对上斜方肌进行运动干预,观察其肌电、主观疼痛感觉、肌力和疲劳等指标变化,评价运动干预的效果,为进一步推广应用提供实验依据。

方法:通过调查问卷的方法和参照国内外研究诊断标准招募右侧颈肩疼痛受试者20例,随机分为干预组(10例)和对照组(10例),试验组分别于午休和下班后由物理治疗师分别进行一组静力牵伸加等长收缩的运动干预,每6次为一组,每组时间20min,每周5次,共计6周;对照组为正常上班和日常生活活动,两组干预前后分别进行颈部主观疼痛指数(VAS)、sEMG静息绝对值和相对值,最大等长收缩肌力(MVC)以及肌肉疲劳试验的测试,试验组实验前后采用配对的 t 检验,试验组与对照组采用独立样本 t 检验进行统计学分析。

结果:6周静力牵伸加等长收缩的运动干预后,试验组干预前后和试验组与对照组间,右侧上斜方肌颈肩部主观疼痛感(VAS)有显著降低($P<0.01$, $P<0.01$);sEMG静息绝对值和相对值有显著降低($P<0.01$, $P<0.01$);肌肉疲劳频域指标肌电中位频率(median frequency, MF)和平均功率频率(mean power frequency, MPF)斜率绝对值有显著性下降($P<0.05$, $P<0.05$);最大等长收缩肌力(MVC)试验组干预前后有显著性增加($P<0.05$),试验组与对照组无显著性差异($P>0.05$)。

结论:6周静力牵伸与等长收缩能够有效缓解职业性颈肩肌肉疼痛患者颈上斜方肌肌紧张,缓解肩部疼痛、增加最大等长收缩肌力,减少肌肉疲劳程度。

关键词 颈肩痛;静力牵伸与等长收缩;中位频率;平均功率频率

中图分类号:R493 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2017)-12-1382-05

随着办公现代化的发展,与工作有关的肌肉骨骼疾患(work-related musculoskeletal disorders, WMSDs)发生率逐年增高,其中与伏案工作相关的颈肩肌肉疼痛(work-related neck pain, WRNP)占WMSDs的20%—30%^[1],主要症状为颈部和上肢肌肉不适,尤其上斜方肌的疲劳、肌肉僵硬、放射痛等^[2-3],主要原因为长期固定姿势坐位工作,肌纤维持续低负荷收缩^[4-5],运动干预能有效地降低肌肉疼痛,增加肌肉力量以及缓解肌肉疲劳^[6]。过去设计的运动处方因内容复杂,受场地和运动器械的限制,大多数患者都不能长期坚持,因此,本次研究在前期静力牵伸、等长收缩以及静力牵伸加等长收缩对颈肩肌肉疼痛患者肌电图以及疼痛指数变化的基础上^[7],通过长期对上斜方肌静力牵伸联合等长收缩的运动干预,观察其肌电、主观疼痛感觉、最大等长收缩肌力(MVC)和疲劳等指标变化,评价静力牵伸联合等长收缩运动干预的效果,

为长期坐位工作人员在工作中或午休时间,提供简单、徒手运动干预方法,防治工作相关的颈肩肌肉疼痛疾病,提高工作效率。

1 资料与方法

1.1 研究对象筛选及分组

参照荷兰肌肉骨骼问卷(Dutch Musculoskeletal Questionnaire, DMQ)^[8]和北欧肌肉骨骼问卷(Nordic Musculoskeletal Questionnaire, NMQ)^[9]设计调查量表,问卷内容包括受试者一般情况(年龄、身高、体重、当前健康状况等)、颈肩部疼痛发生情况、计算机使用情况(时间、姿势等),不同侧面考察受试者颈肩肌肉疼痛发生情况,共计调查某银行工作内勤45例和外勤30例,共计75例。

入选标准:参照国内外研究诊断标准,受试者在过去一

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.12.012

*基金项目:天津市高等学校创新团队培养计划资助项目(TD12-5056);国家科技支撑计划项目(2012BAK21B00)

1 天津体育学院,300381; 2 天津市儿童医院康复科; 3 北京大学第三临床医院康复医学科; 4 通讯作者

作者简介:曹龙军,男,在读博士生,讲师; 收稿日期:2016-05-28

年内颈肩部疼痛发生天数>30天,包括最近7天有颈肩肌肉疼痛发生^[10],受试者视觉模拟疼痛评定(visual analogue scale, VAS)评分>3.0^[8,11],右侧有疼痛者为受试者。排除标准:颈肩部外伤史、颈椎结核、颈部肿瘤、风湿和类风湿、骨质疏松者,合并心脑血管疾病、精神病者、孕妇和无法参与此实验者。

调查结果显示共计34例符合诊断标准,其中单纯左侧疼痛4例,右侧疼痛23例,左、右侧均疼痛7例,VAS法报告平均疼痛强度为5.8±1.6(右侧),4.7±2.2(左侧),为中等度疼痛。排除单纯性左侧以及左右侧均疼痛患者和放弃参与本次实验的患者,最终共计招募受试者20例(女17例,男3例),签署知情同意书,受试者平均年龄33岁(25—48岁),随机分为运动干预组(10例)和对照组(10例),三组之间年龄、身高、体重均无显著性差异受试者一般情况见表1。

表1 受试者一般状况

组别	例数	年龄 (year)	身高 (cm)	体重 (kg)	电脑工作时间 (小时/周)
试验组	10	32.59±8.21	169.57±7.63	68.33±7.29	40.17±18.54
对照组	10	33.78±6.52	168.25±6.78	68.74±4.21	41.08±17.52

1.2 干预方法与运动处方

运动干预组采用静力牵伸联合等长收缩的运动干预方法,由物理治疗师对受试者进行一次静力牵伸,持续30s,牵伸结束时紧接着进行一次等长收缩持续6s,然后休息30s。静力牵伸:受试者坐于90°靠背椅上,屈髋、屈膝90°,双足平置于地面,颈部尽力前屈,治疗师站立于受试者前侧,右手固定受试者头部,同时左手置于受试者右侧肩峰处向前牵伸,嘱咐受试者向被牵伸侧转头,以获得较好的牵伸效果;等长收缩:治疗师双臂伸直、双手十指交叉置于受试者右侧肩峰,用言语反馈的方式鼓励受试者最大用力做耸肩动作,治疗师以最大力量对抗受试者耸肩,受试者尽量做最大力量的等长收缩。治疗过程中重复静力牵伸和等长收缩6次为一组,分别在工作日午休时间和下午工作结束后各进行一组运动干预^[7,12],每周5次,共计6周。对照组为正常上班和日常生活活动。

1.3 测试指标

1.3.1 静息坐位下右侧上斜方肌sEMG平均振幅绝对值:测试前受试者充分放松休息5min,测量肩宽,解剖定为第七颈椎棘突,第七颈椎棘突与右侧肩峰外侧连线的中点外侧2cm上斜方肌肌腹隆起处^[13]为中心,处理第七颈椎棘突和右侧上斜方肌肌腹隆起处皮肤,沿肌肉纤维走行方向放置电极,两电极间距离2cm,无关电极贴置于第七颈椎棘突上方。

受试者静坐于可调节椅背高度的硬质靠背椅上,背部靠紧椅背,双眼目视前方,躯干直立,双手自然放于膝盖上,屈髋屈膝90°,两脚与肩同宽,中指指尖置于髌骨上缘,60s后开启Noraxon表面肌电采集系统,(Noraxon TeleMyo2400T表

面肌电图遥测系统,软件MyoResearchXP MasterPackage Ver:1.03.05,USA)。待信号基线稳定之后记录受试者静息坐位右侧上斜方肌sEMG平均振幅绝对值(静息值)、sEMG平均振幅以及经sEMGmvc标准化的相对值(相对值=MA/sEMGmvc×100%)的变化,记录时间10s^[14]。

1.3.2 VAS:疼痛视觉模拟评定是由一条10cm直线组成,线由左端到右端表示疼痛的程度,受试者将自己感受的疼痛强度标记在直线上,线左端至标记点之间的距离(cm)为该患者的疼痛强度,读数精确到小数点后1位^[15]。

1.3.3 右侧上斜方肌MVC肌力:测试主要采用上斜方肌等长肌力测试椅(自行设计)^[16](见图1)、MedLab-U/8C生物信号采集处理系统(编号:MY8C0031,南京美易科技有限公司)和计算机组成。受试者端坐于斜方肌等长收缩肌力测试椅上,后背紧贴椅背,双眼平视前方,屈髋屈膝90°,腹部非弹性绑带固定双脚悬空,双手自然垂于体侧,腹部非弹性绑带固定。将座椅两侧滑轮和钢丝与拉压力传感器连接的带有刻度的无弹性变形尼龙肩套(厚度0.1mm)置于左右两侧肩峰内侧1cm^[17-18]处,根据受试者舒适度和发力提肩时不产生较明显相对移动调节肩套周径,测试时受试者双肩做快速、最大用力耸肩动作(肩关节无屈曲、外展、后伸等代偿动作)保持6s,取测试过程中保持平稳1s以上的曲线平均值为该次测试上斜方肌MVC,重复测试3次,每次测试间隔2min,三次测试中取最大值,并同步采集右侧上斜方肌sEMG^[19-20]。

1.3.4 右侧上斜方肌疲劳试验:根据右侧上斜方肌MVC肌力测试结果计算出每个受试者右侧斜方肌30% MVC^[15,21]数值,在显示屏上设定30% MVC水平基线,嘱受试者右侧斜方肌缓慢发力耸肩并注视正前方的显示屏上设定30% MVC水平基线,并通过口头鼓励和视觉反馈告知受试者发力水平波动保持在标准值(30% MVC±10)范围内,同步采集sEMG^[20]。测试终止指征:当受试者主诉无法继续保持此负荷水平;受试者达到所要求的耐力保持时间(6min)^[22]。

整个疲劳试验过程(6min)以3s为一节段进行标记(共120个节段),将每个节段利用软件自带的频谱/疲劳分析报告和标准表面肌电分析报告分别进行频域和时域指标数据处理,通过线性回归分析,由回归方程计算对应肌电中位频率(MF)、肌电平均功率频率(MPF)斜率得进行疲劳分析。

1.4 统计学分析

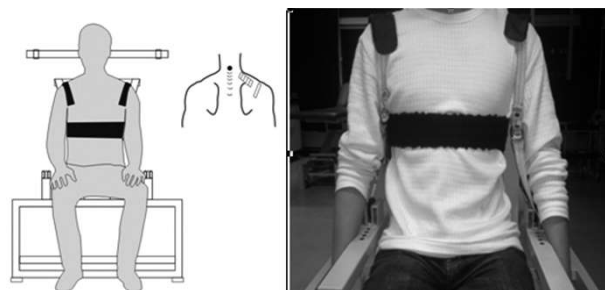
运用SPSS17.0统计软件对数据进行分析统计,每项测量参数值为平均值±标准差,实验前后采用配对的t检验,试验组与对照组采用独立样本的t检验,水准α=0.05。

2 结果

2.1 实验前后右侧上斜方肌sEMG静息绝对值和相对值

干预组实验后sEMG静息绝对值和相对值有显著性下

图1 上斜方肌等长肌力测系统



降($P<0.01$);对照组实验前后sEMG静息绝对值和相对值无显著性差异($P>0.05$);干预组实验后sEMG静息绝对值和相对值显著低于对照组($P<0.01$)(见表2)。结果表明6周静力牵伸加等长收缩的运动干预能有效缓解静息肌肉紧张。

2.2 运动干预前后受试者VAS的变化

干预组实验后颈肩疼痛受试者VAS显著性下降($P<0.01$);对照组实验前后VAS无显著性差异($P>0.05$);干预组实验后的VAS显著低于对照组($P<0.01$)(见表3)。结果表明6周静力牵伸加等长收缩的运动干预能有效降低受试者颈部肌肉疼痛。

2.3 运动干预前后受试者右侧上斜方肌MVC的变化

干预组实验后颈肩疼痛受试者右侧上斜方肌MVC显著性增加($P<0.05$);对照组实验后右侧上斜方肌MVC和干预组与对照组实验后右侧上斜方肌MVC无显著性差异($P>0.05$)(见表4)。结果表明6周静力牵伸加等长收缩的运动干预能增加右侧上斜方肌最大等长肌力。

2.4 6周牵伸加等长收缩干预后受试者右侧上斜方肌疲劳试验结果

干预组实验后颈肩疼痛受试者右侧上斜方肌肌电中位频率(MNF)斜率和肌电平均功率频率(MPF)斜率绝对值都较实验前有显著性降低($P<0.05$);对照组实验前后右侧上斜方肌MNf斜率和MPF斜率绝对值比较均无显著性差异($P>0.05$);干预组实验后右侧上斜方肌MNf斜率和MPF斜率绝对值显著低于对照组($P<0.05$)(表5)。结果表明6周静力牵伸联合等长收缩的运动干预能有效改善右侧上斜方肌疲劳程度。

表2 试验后受试者右侧上斜方肌sEMG静息绝对值和相对值的变化

	干预组(n=10)		对照组(n=10)	
	试验前	试验后	试验前	试验后
绝对值(μV)	11.67 $\pm$ 2.45	5.45 $\pm$ 1.45 ^①	11.28 $\pm$ 1.78	10.45 $\pm$ 2.12 ^②
相对值(%sEMGmvc)	7.08 $\pm$ 3.40	3.26 $\pm$ 1.05 ^①	8.12 $\pm$ 3.71	7.45 $\pm$ 3.08 ^②

注:①试验前后比较 $P<0.01$;②干预组与对照组试验后比较 $P<0.01$

表3 运动干预前后受试者主观疼痛指数(VAS)变化

组别	例数	试验前(cm)	试验后(cm)
干预组	10	5.73 $\pm$ 1.16	1.76 $\pm$ 0.86 ^①
对照组	10	5.93 $\pm$ 1.56	5.87 $\pm$ 1.72 ^②

注:①试验前后比较 $P<0.01$;②干预组与对照组试验后比较 $P<0.01$

表4 试验后受试者右侧上斜方肌MVC变化

组别	例数	试验前(N)	试验后(N)
干预组	10	220.79 $\pm$ 45.41	263.25 $\pm$ 61.90 ^①
对照组	10	242.75 $\pm$ 59.98	251.05 $\pm$ 46.50

注:①试验前后比较 $P<0.05$

表5 干预前后受试者右侧上斜方肌电频域的变化

	干预组(n=10)		对照组(n=10)	
	试验前	试验后	试验前	试验后
MF斜率	-0.11 $\pm$ 0.08	-0.06 $\pm$ 0.03 ^①	-0.12 $\pm$ 0.10	-0.14 $\pm$ 0.09 ^②
MPF斜率	-0.46 $\pm$ 0.15	-0.31 $\pm$ 0.17 ^①	-0.49 $\pm$ 0.16	-0.46 $\pm$ 0.17 ^②

注:①试验前后比较 $P<0.05$;②干预与对照组试验后比较 $P<0.05$

3 讨论

3.1 运动干预对右侧上斜方肌肌张力、肌力以及VAS的影响

长期伏案工作、不良生活习惯,身体处于固定姿势以及重复性静力工作时,肌肉处于低负荷持续收缩的状态,导致上斜方肌缺血缺氧^[23],此外有研究表明长期伏案工作过程中,在肌小节处于收缩状态下的小范围的重复的离心运动,导致肌肉损伤^[24],缺氧和肌肉损伤引起肌肉骨骼的疼痛,疼痛会刺激伤害感受器引起肌肉痉挛而导致肌紧张,肌紧张又会加重缺血和缺氧,形成“疼痛—痉挛—缺血缺氧—疼痛”恶性循环,导致肌肉张力增高^[25],甚至会影响相关肌肉功能,肌肉MVC会因疼痛的抑制而降低^[26]。

静力牵伸技术指在关节活动范围内牵拉关节或肌肉,可以使挛缩的结缔组织延长,牵伸产生的应力作用于排列紊乱的胶原纤维可以使其沿原有的纵轴方向重新排列,有效减少肌肉或肌腱由于低能量水平过度使用等造成的损伤,减轻疼痛^[27],肌肉等长收缩可以快速增加肌张力,有研究表明肌肉在维持静力收缩后,其后续效应使其得到一定程度的放松,力量得以增加。肌肉在最大阻力之后,往往可以获得完全的松弛^[28]。此外等长收缩时反复挤压肌肉组织内血管系统而产生了“肌肉泵”效应,有利于促进局部代谢产物以及炎症物质的排出;同时通过肌肉舒张时产生的“抽吸”作用促进血液回流,恢复肌肉供血供氧^[29]。

本次运动干预的方法克服以往场地、器械及方法复杂的限制,有效地将静力牵伸和力量训练有机结合,并根据前期实验研究基础上设计,能在工作中持续训练。通过长期运动干预结果显示,试验组实验前后以及实验后与对照组相比,

上斜方肌 sEMG 静息绝对值和相对值以及 VAS 都有显著性下降 ($P < 0.01$), MVC 试验组实验前后显著性增加 ($P < 0.05$), 表明静力牵伸和等长收缩能有效降低受试者的肌肉张力和 VAS, 增加肌力。

本次参加实验受试者每天工作时间 8—10h, 有研究表明连续 4h 的坐位工作会引发颈肩部相关肌肉疲劳^[30]。因此本次干预在午休时间和下午下班之后进行静力牵伸和等长收缩, 能够缓解由持续工作引起的疲劳积累, 缓解由于疼痛刺激肌肉本体感觉异常兴奋, 通过 γ 反射使肌肉持续收缩肌肉紧张, 因疼痛和肌肉痉挛而被抑制的肌肉力量得到恢复^[31], 长期暴露于“肌肉低水平负荷载入”导致斜方肌组织部分肌纤维功能损伤^[32], 力量训练可以促进肌纤维的增粗, 肌纤维功能得到恢复, 提高相关代谢酶的活性使肌力增加。因此本次研究右侧上斜方肌力增加可能降低了受试者疼痛和右侧上斜方肌痉挛, 同时改善了右侧上斜方肌生理功能。

3.2 运动干预对右侧上斜方肌疲劳度的影响

长期伏案工作人员工作时坐姿位时间较长, 姿势相对固定, 工作压力大, 精神紧张度高, 在整个过程中, 上斜方肌处于低负荷持续收缩的过程, 导致上斜方肌疲劳, 当主观感觉到疲劳时, 表面肌电检测到的肌纤维募集速率与肌电均方根及中位频率会明显下降; 而在主观感觉疲劳明显消除时, 生理变化仍未完全恢复^[21]。长期的疲劳累积, 出现颈肩肌肉疼痛, 更容易导致疲劳加重, 甚至出现骨骼等生物力学的改变^[33], 表面肌电图技术中, 常用 sEMG 信号中频阈指标 MF 和 MPF 分析评价肌肉疲劳^[34]。

频阈指标 MF 和 MPF 用来定量描述 sEMG 信号功率谱曲线的转移或者各种频率分量的相对变化, 通常与肌肉功能状态(疲劳程度)有关, 当肌肉疲劳时, MF、MPF 则成线性下降, 其 MF 和 MPF 斜率数值绝对值越大说明疲劳程度越深, 即频谱左移^[35—36]。

本次研究结果显示, 试验组实验前后以及实验后与对照组相比, 右侧上斜方肌 MF 和 MPF 斜率绝对值有显著性降低 ($P < 0.05$), 表明 6 周的静力牵伸和等长收缩运动干预, 能有效缓解受试者上斜方肌的疲劳程度。诱发 MF 和 MPF 下降的外周机制为肌肉对抗阻力收缩和疲劳的过程中由于细胞内 H^+ 浓度不断增加, 致使 MCV 下降, 产生了频谱左移现象^[37], 通过 6 周的运动干预, 改善了上斜方肌长期的低水平负荷刺激引起血液循环障碍、造成代谢产物(如钾离子、氢离子、乳酸等)清除不利, 上斜方肌疲劳程度降低, 肌力增加, 这也与本研究上斜方肌 MVC 结果一致。

4 结论

静力牵伸与等长收缩运动干预能够有效改善职业性颈肩肌肉疼痛患者颈上斜方肌紧张, 缓解职业性颈肩肌肉疼

痛症状、增加最大等长收缩肌力, 减少肌肉疲劳程度, 其干预方法简单、有效、可行, 易于推广。

参考文献

- [1] Larsson B, Søgaard K, Rosendal L, et al. Work related neck-shoulder pain: a review on magnitude, risk factors, biochemical characteristics, clinical picture and preventive interventions[J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2007, 21: 447—463.
- [2] Sluiter JK, Rest KM, Frings-Dresen MH. Criteria document for evaluation of the work-relatedness of upper extremity musculoskeletal disorders[J]. Scand J Work Environ Health, 2001, 27: 91—102.
- [3] Sharan D, Parijat P, Sasidharan AP, et al. Workstyle risk factors for work related musculoskeletal symptoms among computer professionals in India[J]. J Occup Rehabil, 2011, 21: 520—525.
- [4] Hagg GM. Human muscle fibre abnormalities related to occupational load[J]. Eur J Appl Physiol, 2000, 83: 159—165.
- [5] Ranasinghe P, Perera YS, Lamabadusuriya DA, et al. Work related complaints of neck, shoulder and arm among computer office workers: a cross-sectional evaluation of prevalence and risk factors in a developing country[J]. Environ Health, 2011, 10: 70—78.
- [6] Sihawong R, Janwantanakul P, Jiamjarasrangsi W, et al. Effects of an exercise programme on preventing neck pain among office workers: a 12-month cluster-randomised controlled trial[J]. Occup Environ Med, 2014, 71: 63—70.
- [7] 牛岩, 黄力平, 曹龙军, 等. 静力牵伸与等长收缩对颈肩肌肉疼痛患者上斜方肌肌电图特征性变化及疼痛指数的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(4): 642—648.
- [8] Hildebrandt VH, Bongers PM, Dijk FJ, et al. Dutch Musculoskeletal Questionnaire: description and basic qualities[J]. Ergonomics, 2001, 44: 1038—1055.
- [9] Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms[J]. Appl Ergon, 1987, 18: 233—237.
- [10] Kim DQ, Cho SH, Han TR, et al. The effect of VDT work on work-related musculoskeletal disorder[J]. Korean J Occup Environ Med, 1998, 10: 524—533.
- [11] Sjøgaard G., Søgaard K, Hermens HJ. Neuromuscular assessment in elderly workers with and without work related shoulder/neck trouble: the NEW-study design and physiological findings[J]. Eur J Appl Physiol, 2006, 96: 110—121.
- [12] Ariëns GA, Bongers PM, Douwes M, et al. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results from a prospective cohort study[J]. Occup Environ Med, 2001, 58: 200—207.

- [13] Voerman GE, Vollenbroek MM, Hermens HJ. Upper trapezius muscle activation patterns in neck-shoulder pain patients and healthy controls[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2007, 102: 1—9.
- [14] Goudy N, McLean L. Using myoelectric signal parameters to distinguish between computer workers with and without trapezius myalgia[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2006, 97: 196—209.
- [15] Madeleine P, Vangsgaard S, Hviid-Andersen J, et al. Computer work and self-reported variables on anthropometrics, computer usage, work ability, productivity, pain, and physical activity[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2013, 14: 1—10.
- [16] 黄力平, 牛岩, 曹龙军. 一种颈肩肌肉功能测试系统. 实用新型专利[P]. 专利号 2014201010260.
- [17] Essendrop M, Schibye B, Hansen K. Reliability of isometric muscle strength tests for the trunk, hands and shoulders [J]. *Int J Ind Ergon*, 2001, 28: 379—387.
- [18] Jensen C, Vasseljen O, Westgaard RH. The influence of electrode position on bipolar surface electromyogram recordings of the upper trapezius muscle[J]. *Eur J Appl Physiol*, 1993, 67: 266—273.
- [19] Sjogaard G, Rosendal L, Kristiansen J, et al. Muscle oxygenation and glycolysis in females with trapezius myalgia during stress and repetitive work using microdialysis and NIRS[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2010, 108: 657—669.
- [20] Juul-Kristensen B, Kadefors R, Hansen K, et al. Clinical signs and physical function in neck and upper extremities among elderly female computer users: the NEW study[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2006, 96: 136—145.
- [21] Kimura M, Sato H, Ochi M, et al. Electromyogram and perceived fatigue changes in the trapezius muscle during typewriting and recovery[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2007, 100: 89—96.
- [22] Hummel A, Laubli T, Pozzo M, et al. Relationship between perceived exertion and mean power frequency of the EMG signal from the upper trapezius muscle during isometric shoulder elevation[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2005, 95: 321—326.
- [23] Bengtsson A. The muscle in fibromyalgia[J]. *Rheumatology*, 2002, 41: 721—724.
- [24] Westerblad H, Bruton JD, Allen DG, et al. Functional significance of Ca^{2+} in long-lasting fatigue of skeletal muscle [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2000, 83: 166—174.
- [25] Forsman M, Thorn S. Mechanisms for work related disorders among computer workers[J]. *Ergonomics and Health Aspects*, 2007, 4566: 57—64.
- [26] Graven-Nielsen T, Lund H, Arendt-Nielsen L, et al. Inhibition of maximal voluntary contraction force by experimental muscle pain: a centrally mediated mechanism[J]. *Muscle Nerve*, 2002, 26: 708—712.
- [27] Amako M, Oda T, Masuoka K, et al. Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits[J]. *Mil Med*, 2003, 168: 442—446.
- [28] Ylinen J, Takala EP, Nykanen M, et al. Active neck muscle training in the treatment of chronic neck pain in women: a randomized controlled trial[J]. *JAMA*, 2003, 289: 2509—2516.
- [29] Santana-Mora U, Martínez-Ínsua A, Santana-Penín U, et al. Muscular activity during isometric incisal biting[J]. *J of Biomechanics*, 2014, 16: 3891—3897.
- [30] 张爱国. 健康男性伏案4小时表面肌电的变化观察研究[J]. *实用医技杂志*, 2008, 15: 4521—4522.
- [31] Johansson H, Windhorst U, Djupsjö-backa M, et al. Chronic Work Related Myalgia: Neuromuscular Mechanisms behind Work-Related Chronic Muscle Pain Syndromes[J]. *Gavle University Press*, 2008, 16: 243—263.
- [32] Larsson B, Björk J, Elert J, et al. Fibre type proportion and fibre size in trapezius muscle biopsies from cleaners with and without myalgia and its correlation with ragged red fibres, cytochrome-c -oxidase-negative fibres, biomechanical output, perception of fatigue, and surface electromyography during repetitive and lexions[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2001, 86: 492—502.
- [33] 姜淑云, 房敏. 颈部肌群与颈椎病[J]. *颈腰痛杂志*, 2006, 27: 235—237.
- [34] Beck TW, Ye X, Wages NP. Local muscle endurance is associated with fatigue-based changes in electromyographic spectral properties, but not with conduction velocity[J]. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2015, 25: 451—456.
- [35] Krogh-Lund C, Jorgensen K. Myo-electric fatigue manifestations revisited: power spectrum, conduction velocity, and amplitude of human elbow flexor muscles during isolated and repetitive endurance contractions at 30% maximal voluntary contraction[J]. *Europ J Appl Physiol*, 1993, 66: 161—173.
- [36] Hendrix CR, Housh TJ, Johnson GO, et al. A new EMG frequency-based fatigue threshold test[J]. *J Neurosci Meth*, 2009, 181: 45—51.
- [37] Fedorowich L, Emery K, Gervasi B, et al. Gender differences in neck/shoulder muscular patterns in response to repetitive motion induced fatigue[J]. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2013, 23: 1183—1189.