

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*

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

摘要

目的:通过对颈肩疼痛受试者的上斜方肌静力牵伸、等长收缩以及静力牵伸加等长收缩,观察其肌电图特征性变化以及主观疼痛感觉变化,探索不同干预缓解肌肉疼痛、降低肌肉紧张的最低重复次数和时间,比较三种方法的优劣,以确定最小有效干预剂量和较佳干预方案。

方法:招募20例颈肩疼痛受试者,随机抽取12例为一组,共抽取3次,分别对上斜方肌进行静力牵伸、等长收缩以及静力牵伸加等长收缩干预,每组干预时间间隔15d,对上斜方肌进行肌电图检测和干预前后的疼痛视觉模拟量表(VAS)衡量主观疼痛感觉。

结果:静力牵伸、等长收缩以及静力牵伸加等长收缩干预后,颈肩部主观疼痛感显著降低($P < 0.01$ 、 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$);静力牵伸和静力牵伸加等长收缩干预后,右侧上斜方肌表面肌电图(sEMG)静息绝对值和相对值有显著降低($P < 0.01$);等长收缩干预后右侧上斜方肌sEMG静息绝对值和相对值无显著性差异($P > 0.05$);静力牵伸加等长收缩和静力牵伸比等长收缩干预更能有效的降低右侧上斜方肌sEMG静息绝对值和相对值($P < 0.05$)。

结论:三种运动干预方案均能起到缓解受试者颈肩部疼痛的即时效果,静力牵伸和静力牵伸加等长收缩能够有效的缓解颈肩部疼痛患者肌紧张。

关键词 颈肩痛;静力牵伸;等长收缩;肌电图

中图分类号:R685, R454 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2016)-04-0411-06

The changes of EMG characteristic and VAS index for the patients' upper trapezius with neck-shoulder complaints after stretching and isometric-contraction training/NIU Yan, HUANG Liping, CAO Longjun, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(4): 411—416

Abstract

Objective: To detect the changes of EMG characteristic and VAS index for the patients' upper trapezius with neck-shoulder complaints after stretching and isometric-contraction training. To identify the the minimum effective dose and the best intervention by detecting and comparing the minimum repeated times and time of three methods alleviating muscle pain and reducing muscle tension.

Method: We recruited twenty patients with neck-shoulder complaints, from whom 12 subjects were randomly selected for 3 times. The upper trapezius for each patient was given stretching, isometric contraction and stretching-isometric contraction training, respectively, with 15 days interval. Before and after intervention, EMG examination and VAS test were performed.

Result: After the intervention, VAS index decreased significantly($P < 0.01$, $P < 0.05$ and $P < 0.01$). In the right side of the upper trapezius, the resting absolute value and relative value of sEMG were decreased significantly ($P < 0.01$) after stretching or stretching-isometric contraction, while no significant difference after isometric contraction

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.04.007

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

1 天津市儿童医院康复科,天津,300371; 2 天津体育学院健康与运动科学系; 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:牛岩,男,主治医师; 收稿日期:2015-11-21

($P>0.05$). As a result, stretching and stretching-isometric contraction were more effective to decrease the resting absolute value and relative value of sEMG in the right side of the upper trapezius muscle compared with isometric contraction($P<0.05$).

Conclusion: All of the three exercise interventions can alleviate the neck-shoulder complaints. At the same time, the stretching and stretching-isometric contraction intervention were more effective to alleviate the pain and reduce the muscle tension.

Author's address The Children's Hospital in Tianjin, Tianjin, 300371

Key word neck-shoulder complaint; stretching; isometric contraction; electromyography

随着计算机在工作中广泛使用,长时间保持同一姿势并进行大量重复性操作的办公室人员发生与工作有关的肌肉骨骼疾患(work-related musculoskeletal disorders, WMSDs)几率也逐年增高,其主要症状表现为疼痛和活动受限^[1-2]。这种强迫紧张的体位一方面可造成精神紧张,另一方面会造成慢性骨骼肌肉损伤,影响工作效率甚至导致病假,提前退休,增加医疗花费^[3]。运动干预能有效地减轻计算机使用相关颈肩痛症状,同时能改善肌肉力量以及缓解肌肉疲劳^[4-5]。但随着工作节奏的加快,计算机使用人群缺少固定的时间进行系统的训练。在过去的研究中,往往由于干预内容所需要的时间过长,受试者不能长期坚持训练,或是因为干预内容训练强度过高引发受试者急性肌肉酸痛而导致实验终止^[6]。因此,本次研究通过静力牵伸和等长收缩为运动干预措施,观察上斜方肌肌电特征性变化和疼痛视觉模拟评定法(visual analogue scale, VAS)疼痛指数改变,为该类人群制定简单、有效、实用的运动处方提供初步的实验依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

受试者为银行长期使用计算机颈肩痛的内勤工作人员(出纳、会计),共计20例(男3例,女17例),平均年龄33岁(25—48岁),参照荷兰肌肉骨骼调查问卷(Dutch musculoskeletal questionnaire, DMQ)^[7]和北欧肌肉骨骼调查问卷(Nordic musculoskeletal questionnaire, NMQ)^[8]设计调查量表,招募受试者。

纳入标准:参照国内外目前的研究将其描述为:受试者在过去一年中颈肩部疼痛发生天数 >30 d,最近7日内有颈肩疼痛发生^[9],受试者对疼痛程度的描述采取VAS进行评定,评分 >3.0 为入组标准^[10]。

排除标准:近五年有颈肩部外伤史,诊断明确的颈椎病(除肌肉功能紊乱型)、颈椎结核、颈部肿瘤、风湿和类风湿及骨质疏松、心脑血管疾病、精神病、孕妇、不能完成实验或中途退出者,以及正在接受临床相关疾病治疗的受试者。参与本研究的受试者均要求签署知情同意书。

将20例受试者每次随机抽取12例列为一组,共抽取3次,分为静力牵伸组($n=12$)、等长收缩组($n=12$)以及静力牵伸加等长收缩组($n=12$)共计三组,三组之间年龄、身高、体重均无显著性差异($P>0.05$),每组干预时间间隔15d以上,以消除运动干预后的痕迹效应^[12]。受试者一般情况见表1。

表1 受试者一般情况

				($\bar{x}\pm s$)
组别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)
静力牵伸组	12	32.37 $\pm$ 7.16	163.25 $\pm$ 7.31	66.58 $\pm$ 9.31
等长收缩组	12	33.58 $\pm$ 5.72	166.41 $\pm$ 5.94	68.75 $\pm$ 7.59
静力牵伸加等长收缩组	12	35.75 $\pm$ 8.35	165.73 $\pm$ 8.90	69.57 $\pm$ 6.38

1.2 实验方法

1.2.1 干预方法:①静力牵伸:持续静力牵伸,每次牵伸30s,放松30s,重复5次。受试者坐于90°靠背椅上,屈髋90°,屈膝90°,双脚平置于地面足背屈90°,颈部尽力前屈。训练人员站立于受试者面前,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,以受试者主诉上斜方肌有被牵伸的紧张感为宜,同时肌电图记录到静息值降低为标准。若受试者主诉上斜方肌没有明显被牵伸的感觉,则嘱咐受试者向被牵伸侧转头,以获得较好的牵伸效果。②等长收缩:上斜方肌最大用力,每次持续6s放松30s,重复3次。由训练人员双臂伸直、双手十指交叉置于受试者右侧肩峰之上,嘱咐受试者最大用力做耸肩动作,同时训练人员以体重对抗受试

者耸肩的力量,使之尽量少地产生位移,并保持6s。③牵伸加等长收缩:首先由训练人员为受试者进行一次牵伸,持续30s;在牵伸结束时紧接着进行一次等长收缩持续6s,然后休息30s,重复牵伸和肌肉等长收缩1次。

1.2.2 测试指标:双侧上斜方肌表面肌电图(surface electromyogram, sEMG)平均振幅(MA)绝对值以及经 sEMG mvc 标准化的相对值(相对值=MA/sEMG mvc $\times$ 100%)的变化情况(Noraxon TeleMyo2400T 表面肌电图遥测系统,软件:MyoResearchXP MasterPackage Ver:1.03.05,USA)。

疼痛视觉模拟评定用来测定受试者颈肩部疼痛强度,它是由一条10cm直线组成,线左端表示“无痛”,线右端表示“无法忍受的痛”,患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,每次测定前,让患者在未有画过的直线上再做标记,以避免患者比较前后标记而产生主观性误差,读数精确到小数点后1位^[9-10]。

1.2.3 测试部位:受试者在测试前充分放松身体,休息5min,用游标卡尺测量两侧肩峰距离以确定肩宽。选取受试者双侧上斜方肌做为测试部位。肌肉定位:嘱受试者屈颈充分低头,以确定第七颈椎棘突,取第七颈椎棘突与肩峰外侧连线的中点,再向外旁开2cm,上斜方肌肌腹隆起处^[12];

皮肤处理:用酒精棉球在第七颈椎棘突隆起处,以及上斜方肌肌腹隆起处往返擦拭10次,共擦3遍,以皮肤微红但不破损为达到实验标准。电极贴放:助手用手按压受试者一侧肩峰,嘱受试者“耸肩”以对抗助手按压的力量,可见上斜方肌隆起处,以肌肉定位点为中心,沿肌肉纤维走行方向贴放,两电极间距离2cm,将无关电极贴置于第七颈椎棘突处骨性隆突上方;同法贴电极于对侧^[13]。

1.2.4 测试方法:参照 Goudy 等^[14]所述的静息坐位测试姿势:即嘱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,并将中指指尖置于髌骨上缘,待受试者主诉舒适后,开启 Noraxon 表面肌电采集系统,待信号基线稳定之后记录受试者静息坐位下两侧上斜方肌肌肉

电活动,记录时间30s至干预结束后30s同步采集和记录 sEMG 数据。

1.3 统计学分析

运用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行分析统计,每项测量参数值为均数 $\pm$ 标准差,实验前后采用配对的 *t* 检验,各组之间采用单因素方差分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 运动干预前后受试者右侧上斜方肌 sEMG 静息值变化

静力牵伸组 sEMG 静息值绝对值干预前后分别为 $(11.18\pm 2.57)\mu\text{V}$ 和 $(6.80\pm 1.37)\mu\text{V}$,相对值干预前后分别为 $(6.98\pm 2.10)\%$ sEMG mvc和 $(3.72\pm 0.90)\%$ sEMG mvc,都有显著降低($P<0.01$);等长收缩组 sEMG 静息值绝对值干预前后分别为 $(11.53\pm 3.80)\mu\text{V}$ 和 $(8.23\pm 2.03)\mu\text{V}$,相对值干预前后分别为 $(7.57\pm 1.31)\%$ sEMG mvc和 $(5.45\pm 1.48)\%$ sEMG mvc,有降低趋势,但无显著性差异($P>0.05$);静力牵伸加等长收缩组干预前后分别为 $(12.35\pm 2.64)\mu\text{V}$ 和 $(5.23\pm 2.61)\mu\text{V}$,相对值干预前后分别为 $(7.41\pm 2.77)\%$ sEMG mvc和 $(3.11\pm 1.53)\%$ sEMG mvc,都有显著性降低($P<0.01$);静力牵伸组和静力牵伸加等长收缩组 sEMG 静息值绝对值和相对值与等长收缩组 sEMG 静息值绝对值和相对值都有显著性降低($P<0.05$),静力牵伸组与静力牵伸加等长收缩组 sEMG 静息值绝对值和相对值无显著性差异($P>0.05$)。见表2。

表2 运动干预前后受试者右侧上斜方肌 sEMG 静息绝对值、相对值变化 ($\bar{x}\pm s, \mu\text{V}$)

组别	干预前	干预后
静息绝对值		
静力牵伸组	11.18 $\pm$ 2.57 ^①	6.80 $\pm$ 1.37 ^{①②}
等长收缩组	11.53 $\pm$ 3.80	8.23 $\pm$ 2.03
静力牵伸加等长收缩组	12.35 $\pm$ 2.64	5.23 $\pm$ 2.61 ^{①③}
静息相对值		
静力牵伸组	6.98 $\pm$ 2.17	3.72 $\pm$ 0.90 ^{①②}
等长收缩组	7.57 $\pm$ 1.31	5.45 $\pm$ 1.48
静力牵伸加等长收缩组	7.41 $\pm$ 2.77	3.11 $\pm$ 1.53 ^{①③}

运动干预前后比较:① $P<0.01$;静力牵伸组与等长收缩组间比较:② $P<0.05$;静力牵伸加等长收缩组与等长收缩组间比较:③ $P<0.05$

2.2 运动干预前后受试者VAS的变化

静力牵伸组运动干预前后的VAS疼痛指数分别为 (5.4 ± 1.1) cm和 (2.3 ± 0.8) cm,有显著性降低($P < 0.01$);等长收缩组运动干预前后的VAS疼痛指数分别为 (6.2 ± 1.1) cm和 (3.7 ± 1.1) cm,有显著性降低($P < 0.05$);静力牵伸加等长收缩组运动干预前后的VAS疼痛指数分别为 (5.4 ± 1.4) cm和 (1.4 ± 0.8) cm,有显著性降低($P < 0.01$);各组之间无显著性差异($P > 0.05$)。见表3。

组别	干预前	干预后
静力牵伸组	5.4 ± 1.1	2.3 ± 0.8^{②}
等长收缩组	6.2 ± 1.1	3.7 ± 1.1^{①}
静力牵伸加等长收缩组	5.4 ± 1.4	1.4 ± 0.8^{②}

运动干预前后比较:① $P < 0.05$;② $P < 0.01$

3 讨论

3.1 静力牵伸运动干预对上斜方肌特征性变化及疼痛指数的影响

牵伸技术(stretching)是指运用外力(手法或器械)牵伸短缩或挛缩的组织使其延长,主要目的是使组织重新获得伸展性、缓解肌紧张及肌紧张引起的疼痛,改善关节活动度^[15]。

通过牵伸技术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,从而阻断这一恶性循环。缓解由于软组织挛缩肌紧张引起肌肉紧张以及由于肌紧张而导致的疼痛,恢复肌肉及软组织的正常功能。

由于坐位工作、不良生活习惯及疾病或某种原因导致身体某部位长期处于固定姿势,肌肉长期处于低负荷持续收缩的状态。这会导致韧带等纤维组织基质中水分减少,黏弹性减弱,纤维间的润滑作用降低。同时,纤维间的间距缩短,接触期延长,这可能导致纤维间产生化学横键,从而导致纤维之间发生粘连。而该类人群往往因肌组织的慢性炎症而导致新生的纤维,这些新生纤维排列紊乱,与原有纤维再次形成粘连,进一步限制了纤维间的滑动。久之,这种“恶性循环”将引起肌肉发生轻微的挛缩,引起肌紧张^[16-17]。

由于肌纤维间的弹性作用,当一次牵伸结束后肌纤维将恢复到牵伸前的长度。但是由于肌纤维之间的黏滞性作用,肌纤维在牵伸后恢复牵伸前长度时,需要一定的时间。如果在一次牵伸结束后,肌纤维未恢复到初始长度之前,给予肌肉一次新的牵伸刺激,此时肌纤维将不会很快地回到初始长度。但是,随着牵伸数以及牵伸时间的延长,肌纤维将会稳定在某一个长度而不再伸长。此时,被牵伸的肌肉将获得最大程度的放松,每次牵伸的时间持续到30s以上,当牵伸结束后,肌肉的表面张力将明显降低,与之相关的关节活动度将被改善^[18]。

对于计算机使用相关颈肩痛的研究也表明,在工作结束后进行1—2min的牵伸运动,可以有效地缓解长时间使用键盘、鼠标带来的颈肩部肌肉紧张与疼痛,预防职业性骨骼肌肉疾患^[19]。

本研究发现,与实验前相比牵伸结束后,受试者右侧上斜方肌sEMG静息值绝对值和相对值都有非常显著降低($P < 0.01$)。同时,VAS疼痛指数也有非常显著降低($P < 0.01$),且注意到,在一次性牵伸干预结束后,所有的受试者的疼痛情况都得到了不同程度的缓解。这与人研究结果一致^[20]。sEMG静息值下降,表明本牵伸方案能起到有效降低受试者上斜方肌的疼痛感以及肌紧张的即时效果。

3.2 等长收缩干预对上斜方肌特征性变化及疼痛指数的影响

肌肉等长收缩(isometric contraction)产生的快速增加的肌张力,是最有效的本体感觉刺激方法之一。本体神经肌肉促进技术(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)理论认为,利用运动觉、姿势感觉等刺激,可以增强相关神经肌肉反应,施加阻力这种本体感觉刺激,可以促进其相关肌功能的恢复^[21-22]。当肌肉的收缩抵抗阻力时,肌肉对皮质刺激的反应增加,阻力施加的大小直接与刺激本体感觉的程度有关。同时,刺激的效应在刺激停止后仍然继续存在,随着刺激强度和时间的增加,刺激的后续效应也随之增加。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^[23]。

有研究指出强烈的肌肉收缩可以刺激肌肉组织

内的相关受体,从而使中枢分泌内源性阿片类物质,如内啡肽和脑啡肽的合成与释放并最终缓解肌肉疼痛^[24]。另外,有学者指出,由于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。这种效应通过肌肉收缩时产生的“挤压”作用促进局部代谢产物以及炎性物质的排出;同时通过肌肉舒张时产生的“抽吸”作用促进血液回流^[25]。

Mats Hagberg 等^[26]在对 31 例颈肩部疼痛人群进行了 24 周的等长收缩干预。该研究发现,在第一次等长收缩干预结束后,受试者 VAS 疼痛指数有显著降低。这说明等长收缩干预可以起到即时缓解慢性疼痛的效果。

本实验发现,在对 12 例受试者进行此项牵伸加等长收缩干预后,与实验前相比,受试者 VAS 疼痛指数有显著降低($P < 0.05$)。这说明在一次性等长收缩干预结束后,受试者的疼痛情况都得到了缓解。说明本方案能起到降低受试者上斜方肌主观疼痛感的即时效果。受试者 sEMG 静息值差异无显著性意义($P > 0.05$),一次等长收缩能从肌肉收缩,改善肌肉物质代谢,对肌张力的改善无显著性有关,这也与文献报道一致^[27]。

3.3 静力牵伸加等长收缩干预对上斜方肌特征性变化及疼痛指数的影响

有较多的研究指出,该类人群存在颈肩部相关肌肉力量降低的问题。牵伸作为一种被动的手法治疗(manual therapy),单一使用这种干预手段是否能够提高肌肉力量,目前尚缺乏足够的理论依据。同时,如果在为该人群制定运动时过多地使用强烈的等长收缩,则可能因为随之而来的急性的肌肉酸痛而导致较多的受试者提前终止实验过程,降低依从性^[23]。所以,我们假设将牵伸与等长收缩进行组合能获得更好的缓解疼痛、解除肌紧张的效果,并在改善肌肉功能上起到相加或协同效果^[28]。

本研究发现,与实验前相比,两次牵伸加等长收缩干预结束后,受试者右侧上斜方肌干预前后 sEMG 静息值绝对值与相对值和 VAS 疼痛指数都有非常显著降低,并且静力牵伸加等长收缩比等长收缩更为有效地降低 sEMG 静息值($P < 0.05$)。这与有研究报道主动运动和手法治疗结合将获得比单一手段更有效的效果结论一致^[29]。

静力牵伸、等长收缩和静力牵伸加等长收缩三种运动干预方案均能起到缓解受试者颈肩部疼痛的即时效果;静力牵伸和静力牵伸加等长收缩能够有效地缓解颈肩部疼痛患者肌紧张;静力牵伸加等长收缩是颈肩慢性疼痛患者干预的最佳方案。

参考文献

- [1] 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(4): 520—525.
- [2] 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(1):70—78.
- [3] van der Molen HF, Kuijer PP, Smits PB, et al. Annual incidence of occupational diseases in economic sectors in The Netherlands[J]. Occup Environ Med, 2012, 69(7):519—521.
- [4] Ramalingam KP, Karthikeyan P, van Lieshout J, et al. Effects of exercise intervention on work-related musculoskeletal discomforts among computer users[J]. Contemporary PNG Studies, 2010, 13:49—62.
- [5] Sihawong R, Janwantanakul P, Jiamjarasrangsri W. 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(1):63—70.
- [6] 白璐,王建,岳朋朋.职业性肌肉骨骼疾患研究现状[J].中国工业医学杂志,2009,22(5):356—359.
- [7] Hildebrandt VH, Bongers PM, van Dijk FJ, et al. Dutch Musculoskeletal Questionnaire: description and basic qualities [J]. Ergonomics, 2001, 44(12):1038—1055.
- [8] Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms[J]. Appl Ergon, 1987, 18(3):233—237.
- [9] Sjøgaard G, Søgaard K, Hermens HJ, et al. Neuromuscular assessment in elderly workers from four EU countries with and without work related musculoskeletal disorders. The NEW-study design and physiological findings[J]. Eur J Appl Physiol (in press), 2005.
- [10] Price DD, McGrath PA, Rafii A, et al. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain[J]. Pain, 1983, 17(1):45—56.
- [11] 王瑞元.运动生理学[M].北京:人民体育出版社,2002.
- [12] Voerman GE, Vollenbroek-Hutten MM, Hermens HJ. Upper trapezius muscle activation patterns in neck-shoulder pain

- patients and healthy controls[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2007, 102(1):1—9.
- [13] Farina D, Madeleine P, Graven-Nielsen T, et al. Standardising surface electromyogram recordings for assessment of activity and fatigue in the human upper trapezius muscle[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2002, 86(6):469—478.
- [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(2):196—209.
- [15] Szeto GP, Wong TK, Law RK, et al. The impact of a multifaceted ergonomic intervention program on promoting occupational health in community nurses[J]. *Appl Ergon*, 2013, 44(3):414—422.
- [16] Sjøgaard G, Søgaard K, Hermens HJ, et al. 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(2):110—121.
- [17] Forsman M, Thorn S. Mechanisms for work related disorders among computer workers[J]. *Ergonomics and Health Aspects*, 2007, 4566:57—64.
- [18] Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles[J]. *Phys Ther*, 1997, 77(10):1090—1096.
- [19] da Costa BR, Vieira ER. Stretching to reduce work-related musculoskeletal disorders: a systematic review[J]. *J Rehabil Med*, 2008, 40(5):321—328.
- [20] Trujillo L, Zeng X. Data entry workers perceptions and satisfaction response to the "stop and stretch" software program[J]. *Work*, 2006, 27(2):111—121.
- [21] Pedersen MT, Andersen CH, Zebis MK, et al. Implementation of specific strength training among industrial laboratory technicians: long-term effects on back, neck and upper extremity pain[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2013, (14): 287—294.
- [22] Pedersen MT, Andersen LL, Jørgensen MB, et al. Effect of specific resistance training on musculoskeletal pain symptoms: dose-response relationship[J]. *J Strength Cond Res*, 2013, 27(1):229—235.
- [23] Ylinen J, Takala EP, Nykänen M, et al. Active neck muscle training in the treatment of chronic neck pain in women: a randomized controlled trial[J]. *JAMA*, 2003, 289(19): 2509—2516.
- [24] Thorén P, Floras JS, Hoffmann P, et al. Endorphins and exercise: physiological mechanisms and clinical implications [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1990, 22(4):417—428.
- [25] Santana-Mora U, Martínez-Ínsua A, Santana-Penín U, et al. Muscular activity during isometric incisal biting[J]. *J Biomech*, 2014, 47(16):3891—3897.
- [26] Hagberg M, Harms-Ringdahl K, Nisell R, et al. Rehabilitation of neck-shoulder pain in women industrial workers: a randomized trial comparing isometric shoulder endurance training with isometric shoulder strength training[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2000, 81(8):1051—1058.
- [27] Lee N, Kang H, Shin G. Use of antagonist muscle EMG in the assessment of neuromuscular health of the low back [J]. *J Physiol Anthropol*, 2015, (34):18—25.
- [28] Marangoni AH. Effects of intermittent stretching exercises at work on musculoskeletal pain associated with the use of a personal computer and the influence of media on outcomes[J]. *Work*, 2010, 36(1):27—37.
- [29] Salo PK, Häkkinen AH, Kautiainen H, et al. Effect of neck strength training on health-related quality of life in females with chronic neck pain: a randomized controlled 1-year follow-up study[J]. *Health Qual Life Outcomes*, 2010, (8):48.