

·临床研究·

练功十八法之颈部六法对缓解伏案后颈肌疲劳的表面肌电研究

戴承颖¹ 葛瑞东² 于天源^{1,4} 郭京伟² 白 硕³

摘要

目的:通过表面肌电研究颈部功法对颈肌疲劳的缓解效应,并分析其规律和机制。

方法:将60例健康大学生随机分为空白对照组:不做颈部运动、实验A组:趴桌休息、实验B组:做练功十八法中的颈部六法,每组各20例。三组伏案90min之后干预15min。观察双侧胸锁乳突肌(SMC)、头夹肌(MSC)的以下表面肌电(sEMG)指标:均方根值(RMS)、平均功率频率(MPF)及过零率(ZCR)的伏案前初始值、伏案前负重值、伏案中30min值、60min值、90min值、干预后终末值和后负重值。

结果:①不同干预方法下三组间比较:右侧MSC的RMS干预后负重值较伏案前负重值差异有显著性意义($P<0.05$)。②两侧SMC和两侧MSC在伏案前和伏案90min期间的自身前后比较:伏案30min和60min期间,左侧SMC的RMS、MPF、ZCR自身前后比较差异有显著性意义;伏案60min和90min期间,左侧SMC的RMS、ZCR有显著性意义。

结论:①伏案一定时间后,不做颈部运动和趴桌休息均不能缓解颈肌疲劳,颈部功法可有效缓解颈肌疲劳;②伏案开始到60min时SMC为主动肌,60min以后MSC由拮抗肌转换为主动肌;③肌肉的负重测试是检测其耐力和疲劳性的一个重要客观指标。

关键词 表面肌电;伏案;练功十八法;颈部姿势;颈肌疲劳

中图分类号:R247.9,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2016)-03-0306-06

A study on mitigating neck muscle fatigue with neck exercise(work procedures) by surface electromyography/DAI Chengying, GE Ruidong, YU Tianyuan, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(3): 306—311

Abstract

Objective: To mitigate the neck muscle fatigue with work procedures exercise, and to analyze the regularity and mechanism analysis of neck muscle fatigue by surface electromyography (sEMG).

Method: Sixty healthy college students were randomly divided into 3 groups: Control group, A group and B group (20 students in each group). After reading with flexed neck on desk 90 min, Control group didn't take any neck exercise, but walked freely in test room; group A put forehead on arm, and neck flexed on desk 15 min for napping; group B did 6 neck and shoulder procedures of 18 work procedures. Three indicators of sEMG were observed: root mean square(RMS)、mean power frequency(MPF) and zero crossing rate(ZCR), each were recorded in 7 different times:①Before neck flexed posture reading, took sEMG for 2 min as the initial value.②Endurance test on the neck till the subjects felt sore, stopped endurance weight load, took sEMG values for 2 min.③After rested for 5 min started neck flexed posture reading. During 90 min neck flexed posture reading, measured sEMG values for 2 min in every 30 min until 90 min ended.④After the intervention measured sEMG values for 2 min.⑤After doing endurance test until the subjects felt sore, stopped endurance

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.03.010

1 北京中医药大学,北京,100029; 2 中日友好医院康复医学科; 3 北京市朝阳区东风社区卫生服务中心; 4 通讯作者

作者简介:戴承颖,女,博士研究生; 收稿日期:2015-09-25

weight load, took sEMG values for 2 min.

Result: ①The RMS values of the right MSC were significantly different before and after the experiment among the three groups ($P<0.05$). ②The SMC and MSC values before and during the stationary neck flexion period: the RMS ($P<0.05$), MPF ($P<0.01$), ZCR ($P<0.01$) values of the left SMC had significant difference between 30 min and 60 min time point. The RMS ($P<0.05$) and ZCR ($P<0.01$) values of the left SMC had significant difference between 60 min and 90 min time point.

Conclusion: ①Nodded off over desk and without doing neck exercise can't ease the neck muscle fatigue, however, the 6 neck and shoulder procedures of 18 work procedures does help releasing the muscle fatigue effectively. ②From the beginning to 60mins the agonist is SMC, later MSC is converted to the agonist. ③ Weight-bearing is an objective index to measure the endurance capacity and fatigue level of muscle.

Author's address Beijing University of Chinese Medicine, 100029

Key word surface electromyography; bend over; work procedures with 18 procedures; neck posture; neck muscle fatigue

随着经济、社会的飞速发展,长期伏案工作或使用电脑已经成为学生、上班族等群体的常态,这种长时间伏案使颈肌处于等长收缩的状态被认为是导致颈肌疲劳以致颈部疾患的最主要高危因素^[1]。很多学者就伏案所致颈肌疲劳的机制及缓解颈肌疲劳的方法进行了诸多有益探索^[2-4]。练功十八法被公认为一种优良的医疗体操,其依据“意可导气,以气行血”的原理,中医理论认为“气”在体内有顺畅流动的作用,可以促进血液循环,达到有病治病,无病强身的作用^[5],但针对中医功法缓解颈肌疲劳的现代机制研究报道较少。采用sEMG信号分析技术评价神经、肌肉系统功能状态已成为近年来康复医学研究的一个重要领域^[6],其在测试肌肉兴奋性和疲劳度方面具有良好的信度和效度^[7-8]。故本研究旨在通过sEMG信号分析技术,探讨中医功法对缓解颈肌疲劳的现代机制,以此探索一套让学生群体,在有限

时间和空间内,能自助缓解颈肌疲劳的有效方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2013年6月—2014年1月就读于北京中医药大学的健康大学生60例。入组标准:①无特殊体型的健康大学生;②实验前24h内未参加剧烈活动,实验前无肌肉疲劳感;③知情同意,自愿参加。排除标准:①依据1992年“第二届全国颈椎病专题座谈会”关于颈椎病和落枕的诊断标准^[9],排除患有颈椎病、落枕及颈部酸痛不适者;②贴表面电极的部位有瘢痕、毛发过多或局部皮肤病者。

采用随机对照表法将上述大学生分为空白对照组、实验A组、实验B组,每组各20例。三组大学生的一般资料见表1,数据组间比较差异均无显著性意义($P>0.05$),具有可比性。

表1 3组研究对象的一般资料比较

($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	BMI
		男	女				
空白对照组	20	5	15	19.70±2.02	165.70±7.48	57.00±9.91	19.05±2.10
实验A组	20	6	14	19.22±1.99	166.06±8.11	58.10±7.14	21.11±2.03
实验B组	20	4	16	19.46±2.01	166.25±7.77	56.87±8.12	20.68±1.92

1.2 方法

1.2.1 电极贴附位置及方法^[10-12]:本研究以两侧胸锁乳突肌(sternocleidomastoideus, SMC)、及头夹肌(musculus splenius, MSC)的肌腹为主要贴电极片位置。①SMC:近端电极中心置于自乳突到胸骨上切迹的1/2偏下处,远端电极紧贴其放置,电极中心间

距不超过2cm,且与肌纤维走向平行,参考电极置于附近。②MSC:近端电极中心置于C2/3水平之处,即在SMC和斜方肌最上端之间的区域,远端电极紧贴其放置,电极中心间距不超过2cm,且与肌纤维走向平行,参考电极置于附近。测试前用细砂纸和75%酒精进行皮肤处理。在测试过程中,电极片始

终贴附于上述位置。采用肌电图的前置放大,增益为1000,输入阻抗 $>100\text{M}\Omega$,灵敏度 $1\mu\text{V}$,数据采集频率为10—500Hz,通过无线接收器将原始数据储存在电脑中,用仪器自带软件MegaWin进行数据分析。

1.2.2 受试者伏案姿势:受试者在安静房间内伏案于可调节高度办公桌椅阅读。伏案姿势标准:以常规阅读坐姿为主,调节办公桌、座椅和扶手高度以保持胸廓离桌沿10cm,头正及眼离书30cm,双腿自然平放于地面(要求双侧髋关节屈曲 90° 、双侧膝关节屈曲 90° 、双侧踝关节背屈 0°),腰部垫合适软枕放松靠于椅背。所阅读内容为简单易懂,且受试者感兴趣的书籍为主。阅读过程中,实验者始终监督受试者姿势是否标准,避免头及双上肢的位置发生较大变化。

1.2.3 干预方法:①空白对照组:伏案阅读结束后,不做任何颈部动作,在测试房间内自由走动15min。②实验A组:伏案阅读结束后,以额头接触前臂交叠时手掌背面的“正面趴睡”姿势,颈部前屈置于桌上休息15min。③实验B组:整个测试开始前,实验者教授受试者学会练功十八法中的颈部六法(颈项争力、左右开弓、双手攀云、开胸阔怀、展翅飞翔、铁臂单提)^[13],要求动作标准,避免代偿动作。伏案阅读结束后,受试者即刻进行上述颈部功法运动15min。

1.2.4 负重测试^[14-15]:分别于伏案前进行前负重测试和干预后进行后负重测试。负重测试方法:要求受试者俯卧于按摩床,同时将头颈部悬空于按摩床沿外,双上肢自然放松置于躯干两侧。在双耳上缘水平线悬挂负重袋(袋中放置男生4kg、女生2kg的哑铃),避免压迫双耳引起不适。悬挂负重袋后开始记录sEMG值2min,负重测试结束。

1.2.5 测试流程:测试分三步进行。步骤一:伏案阅读前先测颈部肌肉的初始值。步骤二:进行前负重测试记录2min肌电值作为前负重值。步骤三:前负重测试结束后休息5min,开始伏案阅读。伏案90min期间,每隔30min记录2min肌电值至伏案结束作为伏案30min、60min和90min值。步骤四:伏案结束后,进行上述方法干预,干预后记录2min肌电值作为干预后终末值;步骤五:进行后负重测试

记录2min肌电值作为后负重值。

1.3 观测指标

包括双侧SMC、MSC的以下sEMG指标:RMS、MPF及ZCR的伏案前初始值、伏案前负重值、伏案中30min值、60min值、90min值、干预后终末值和后负重值。

1.4 统计学分析

采用SPSS17.0统计分析软件,使用多重比较SNK-*q*检验、Dunnett-*t*检验的方差分析检验以下内容:①静态疲劳的肌电变化的线性指标MPF、RMS、ZCR,以此判断本实验中三个组的颈肌疲劳在不同干预下其缓解度有无差异性;②90min伏案中,两侧SMC和两侧MSC的sEMG变化自身前后比较有无差异性。设定显著性水平为 $P<0.05$ (取双侧检验)。

2 结果

2.1 不同干预方法下三组间比较

三组均表现为右侧MSC的均方根值(root mean square, RMS)后负重值较前负重值差异有显著性意义($P<0.05$),两侧SMC及左侧MSC(L-MSC)差异均没有显著性意义($P>0.05$),见表2。在RMS有差异时,比较同时段的MPF,空白对照组、实验A组的后负重值均低于前负重值($P<0.05$),但实验B组高于前负重值($P<0.05$),见表3。

2.2 两侧SMC和两侧MSC在伏案前和伏案90min期间的自身前后比较

见表4—6。

2.2.1 伏案30min值与伏案前初始值比较:四块肌肉的RMS、平均功率频率(mean power frequency, MPF)和过零率(zero crossing rate, ZCR)自身前后比较差异均无显著性意义($P>0.05$)。

2.2.2 伏案60min值与伏案30min值比较:L-SMC的RMS、MPF、ZCR自身前后比较有显著性意义分别有($P<0.05$), ($P<0.01$), ($P<0.01$)。具体变现为:①RMS: L-SMC升高, L-MSC停滞, R-MSC升高;②MPF: 两侧SMC持续升高, 两侧MSC下降;③ZCR: SMC持续升高, L-MSC下降, R-MSC停滞。

2.2.3 伏案90min值与伏案60min值比较:L-SMC的RMS自身前后比较有显著性意义($P<0.05$); R-MSC的RMS有显著性意义($P<0.05$), MPF和ZCR

表2 右侧-MSC各时间段的RMS值比较 ($\bar{x} \pm s$, $n=20$, μV)

时间段	空白对照组	实验A组	实验B组
前负重	35.10±16.23	33.35±12.21	42.30±19.99
初始值	20.60±8.83	20.25±6.17	17.40±3.89
30min	20.50±4.27	21.15±6.29	21.75±6.50
60min	20.35±5.36	22.90±6.91	23.95±7.60
90min	20.70±7.05	20.85±5.83	25.05±9.59
干预后	17.70±7.39	18.60±12.65	17.00±4.70
后负重	36.65±15.36	31.55±12.34	40.95±17.32 ^①

注:右侧-MSC的RMS后负重值较前负重值^① $P<0.05$ 。

表3 右侧-MSC的MPF的前后负重值比较 ($\bar{x} \pm s$, $n=20$, Hz)

时间段	空白对照组	实验A组	实验B组
前负重	69.50±10.45	74.30±13.22	73.80±12.98
后负重	68.70±12.65 ^①	73.05±12.18 ^①	74.30±12.15 ^①

注:右侧-MSC的MPF后负重值较前负重值^① $P<0.05$ 。

表4 两侧SMC和两侧MSC在伏案90min期间RMS值的变化 ($\bar{x} \pm s$, μV , $n=60$)

时间段	L-SMC	R-SMC	L-MSC	R-MSC
初始值	13.40±4.25	12.52±1.79	20.50±8.92	19.42±6.47
30min	13.45±3.51	13.22±2.54	23.12±9.87	21.13±5.70
60min	14.03±3.83 ^①	13.23±2.28	23.52±7.82	22.40±6.75 ^①
90min	13.75±2.96 ^②	13.25±2.14	22.77±7.75	22.20±7.79 ^②

注:L-SMC和R-MSC在60mins与30mins及90mins和60mins比较^① $P<0.05$ 、^② $P<0.05$ 。L:左侧;R:右侧

表5 两侧SMC和两侧MSC在伏案90min期间MPF值的变化 ($\bar{x} \pm s$, Hz, $n=60$)

时间段	L-SMC	R-SMC	L-MSC	R-MSC
初始值	49.67±12.93	50.13±13.05	63.68±9.84	65.43±11.12
30min	53.78±13.88	53.57±14.31	65.42±9.78	66.63±11.81
60min	55.57±15.66 ^①	56.07±55.57 ^①	63.70±9.73	65.30±10.79
90min	55.25±14.07	56.43±14.30	65.70±12.42 ^②	66.12±10.43 ^②

注:L-SMC和R-SMC在60mins和30mins比较^① $P<0.01$, L-MSC和R-MSC在90mins和60mins比较^② $P<0.01$ 。

表6 两侧SMC和两侧MSC在伏案90min期间ZCR值的变化 ($\bar{x} \pm s$, $n=60$)

时间段	L-SMC	R-SMC	L-MSC	R-MSC
初始值	37.10±28.88	30.57±21.54	101.70±26.57	96.33±29.09
30min	43.18±30.33	40.82±28.99	113.87±26.65	108.40±27.39
60min	50.93±30.28 ^①	44.63±27.37 ^①	112.90±25.05	108.77±25.57
90min	50.67±29.56	47.03±28.35	115.32±24.68 ^②	109.67±22.19 ^②

注:L-SMC和R-SMC在60mins和30mins比较^① $P<0.01$, L-MSC和R-MSC在90mins和60mins比较^② $P<0.01$ 。

均有显著性意义($P<0.01$)。具体表现为:①RMS: L-SMC下降, R-SMC停滞, 两侧MSC没有变化;②MPF: 两侧SMC停滞, 两侧MSC升高;③ZCR: L-SMC停滞, R-SMC升高, 两侧MSC升高。

3 讨论

根据前人的研究^[16-19],我们发现在长时间前屈、转头或处于同一姿势时,SMC容易疲劳,颈前屈达到46%—75%的区域时,重力力矩迅速增加,为了维持平衡,颈后肌群产生的力矩也迅速增加,此时处于浅层的MSC迅速激活并与深层肌肉共同抵抗重力力矩, MSC和SMC的关系由拮抗肌转而成为主动肌。斜方肌在伏案的低负荷静力收缩过程中,对头部稳定性无显著作用^[20]。由于sEMG只能测到表层肌肉的生理电活动,因此本实验选取两侧SMC和MSC作为sEMG的采集对象。

RMS是在一段时间内肌电的平均变化特征,其大小决定肌电幅值的变化,与运动单位募集、兴奋节律有密切关系^[21]。MPF是通过功率谱曲线重心的频率,在反映较低负荷收缩的灵敏度高^[22]。ZCR是指一个信号的符号变化的比率,亦指信号在单位时间内穿过基线的次数。RMS可一定程度反映肌肉用力的情况,单独看此指标意义不大,必须参照同时段MPF的表现。MPF可一定程度反映运动神经单元募集的数量,若MPF升高则反映肌纤维仍在激活状态。若RMS的后负重值大于前负重值,但MPF的后负重值小于前负重值,则提示肌肉仍处于疲劳状态。

负重测试是一种肌肉耐力测试,若 $P<0.05$ 时,必须参照同时段的RMS和MPF或ZCR值,观察这三个指标的变化。若MPF或ZCR的前负重值大于后负重值,表示肌纤维的兴奋性降低或募集单位减少,并且在RMS也降低的情况下,提示肌肉疲劳。若MPF或ZCR的后负重值大于前负重值,表示肌肉耐力性比伏案前好,经过干预后神经肌肉接头传导冲动仍然兴奋,提示干预有效。本实验初步证实前后负重能力与干预方法间存在正相关性,提示负重耐力测试是可以考虑观察的重要客观指标。

练功十八法针对颈、肩、背肌和上肢的六个动作中,每个动作都有SMC的等张、等长收缩,其中四个动作是MSC的等张、等长收缩,五个动作是上肢的等长、离心-向心收缩。虽然只有六个动作,但其交替均匀的动作可以让颈、肩、背、上肢的肌肉均有所舒缓,以意导气,以气导血,增强颈部肌群的肌力和肌耐力,从而使肌肉疲劳而以恢复。此功法属于主

运动运动的范畴,可调动练习者积极性,同时具有操作简便,不受时间、地点和设备限制的特点和优势^[23]。

表2、3显示,实验B组RMS的干预后终末值较伏案前初始值有显著性差异,具体分析如下:空白对照组表现为RMS的后负重值大于前负重值,但MPF的后负重值小于前负重值,提示肌肉仍处于疲劳状态;实验A组表现为RMS的后负重值小于前负重值,同时MPF的后负重值亦小于前负重值,表明干预后肌纤维的兴奋性被抑制,提示颈肌已呈疲劳状态,干预无效;反观实验B组,表现为RMS的后负重值小于前负重值,但同时段MPF的后负重值大于前负重值,提示运动神经元仍处于募集状态,表明肌肉的疲劳已恢复,干预有效缓解了肌肉疲劳。因此,初步证明在伏案一定时间后,不做颈部运动和趴桌休息均不能缓解颈肌疲劳,而颈部功法运动可有效缓解颈肌疲劳。

表4—6显示,①在伏案30min时,MPF、RMS和ZCR开始升高,其中MPF在两侧SMC升高的幅度比两侧MSC大,提示伏案到30min时,SMC先启动来维持头部的姿势,MSC启动较慢。②在伏案60min时,两侧SMC的RMS、MPF均升高,再参考同时段四块肌肉ZCR值,发现此时段两侧SMC仍上升,而两侧MSC却停滞或下降,因此,提示在这个阶段仍然是以SMC为主导来维持头部的姿势,而MSC不如SMC活跃。③在伏案90min后,两侧SMC的MPF值呈停滞状态;而两侧MSC的MPF值升高,RMS值表现为L-MSC降低,R-MSC停滞,两侧MSC的ZCR值均升高,提示在这个阶段MSC开始活跃。以上结果证明从伏案初始至90min时间的推移过程中,SMC在60min的时间范围内起主导作用,但到60min时已处于做功迟缓状态,此时MSC开始启动主导作用。

近代学者对于拮抗肌与主动肌的协调性在sEMG的研究中指出^[24],主动肌与拮抗肌在中枢神经机制的调节下协调运作为肢体运动功能的生理基础。故本实验结果与前人研究的主动肌和拮抗肌互相交替转换的结论相符。

综上实验结果,得出以下结论:①练功十八法中的颈部六法在短时间内缓解颈肌疲劳效果佳,而趴桌休息无法缓解颈肌疲劳。功法更适用于学生族、

上班族在有限时间和空间内自助缓解颈肌疲劳,值得推广;②在伏案的90min里,前60min SMC为主动肌,到60min后MSC由拮抗肌转换为主动肌,因此,应注意选择做颈部运动的时机和方法;③肌肉的负重测试是检测耐力和疲劳性的一个重要客观指标,值得重视。

参考文献

- [1] Siriluck Kanchanomai, Prawit Janwantanakul, Pranee Pensri, et al. Risk factors for the onset and persistence of neck pain in undergraduate students: 1- year prospective cohort study[J]. BMC Public Health, 2011, 11:566.
- [2] Bonfort G, Evans R, Nelson B, et al. A randomized controlled trial of exercise and spinal manipulation for patients with chronic neck pain[J]. Spine, 2001, 26:196—205.
- [3] 王琼,朱国苗,姚斐,等.练功十八法联合推拿治疗颈型颈椎病的临床随机对照研究[J].上海中医药杂志,2015,49(4):61—67.
- [4] Auvinen J, Tammelin T, Taimela S, et al. Neck and shoulder pains in relation to physical activity and sedentary activities in adolescence[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32 (9): 1038—1044.
- [5] 庄元明,周寿祥,杨润庆,等.练功十八法[M].上海:上海科学技术出版社,1983.11.
- [6] 王健,金德闻.康复医学领域的表面肌电应用研究[J].中国康复医学杂志,2006,21(1):6—7.
- [7] Falla D, Rainoldi A, Merletti R, et al. Myoelectric manifestations of sternocleidomastoid and anterior scalene muscle fatigue in chronic neck pain patients[J]. Clin Neurophysiol, 2003, 114(3):488—495.
- [8] Larsson B, Karlsson S, Eriksson M, et al. Test-retest reliability of EMG and peak torque during repetitive maximum concentric knee extensions[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2003, 13(3): 281—287.
- [9] 孙宇,李贵存.第二届颈椎病专题座谈会纪要[J].解放军医学杂志,1994,19(2):156—158.
- [10] 郭京伟,谢欲晓,黄学英,等.不同恢复期脑卒中患者胫骨前肌和腓肠肌表面肌电信号的研究[J].中国康复医学杂志,2007,22(9):802—804.
- [11] 葛瑞东,郭京伟,王思远,等.指压穴位刺激对脑卒中患者胫前肌和腓骨长、短肌的表面肌电影响[J].中国康复医学杂志, 2014, 29(3):234—237.
- [12] 葛瑞东,王思远,白硕,等.不同体位下指压不同穴位对脑卒中患者胫前肌和腓骨长、短肌的表面肌电影响[J].中国康复医学杂志, 2015,30(6):562—566.
- [13] 上海市黄浦区东昌路街道医院推拿伤科,上海师范大学体育系运动人体学教研组.练功十八法-防治颈、肩、腰和腿痛的锻

- 炼方法[J].新医学杂志,1976,4:14—19.
- [14] Blouin JB, Carpenter MC, Inglis JT, et al. Neural control of superficial and deep neck muscles in humans[J]. J Neurophysiol, 2007, 98(2):920—928.
- [15] Borisut S, Vongsirinavarat M, Vachalathiti R, et al. Effects of strength and endurance training of superficial and deep neck muscle on muscle activities and pain levels of female with chronic neck pain[J]. J Phys Ther Sci, 2013,25(9):1157—1162.
- [16] 黄宇琦,阚和平,林智棋,等.胸锁乳突肌表面肌电图的研究[J].中国康复医学杂志,2009,24(6):523—525.
- [17] 陈谦,杨红春,王健,等.不同负荷水平颈部肌肉等长收缩的平均肌电变化特征[J].浙江体育科学,2010,32(5):91—95.
- [18] 陈谦.sEMG技术在颈部肌肉活动评价中的应用[J].北京体育大学学报,2008,31(2):226—228.
- [19] 茆军兵,贾晓红,王人成,等.头部前屈运动过程中颈肌特性的研究[J].医用生物力学,2012,27(5):577—581.
- [20] Keshner EA, Katz RT, Peterson BW. Neck muscle activation patterns in humans during isometric head stabilization[J]. Exp Brain Res,1989,75:335—344.
- [21] Dimitrova NA, Dimitrov GV. Interpretation of EMG changes with fatigue: facts, pitfalls, and fallacies[J]. Journal of Electromyography and Kinesiology,2003,13(1):13—36.
- [22] Cifrek M, Medved V, Tonkovic S, et al. Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics[J]. Clinical Biomechanics,2009,24:327—340.
- [23] 王晓东.“推拿功法康复”的功法训练科学化及其运动医学模式[J]. 辽宁中医药大学学报,2010,12(9):121—124.
- [24] 王健,杨春红,张海红,等.主动肌和拮抗肌功能转变瞬间的肌电平均功率频率变化[J].体育科学,2009,29(7):61—64.

(上接第295页)

- 及认知训练时平衡的干预效应[C]. 第十一届全国神经病学学术会议. 中国吉林长春.2008.
- [8] 杜远,徐小童,王莹,等.平衡运动对阿尔茨海默病认知功能影响的对照研究[J]. 安徽医科大学学报,2015,05:661—664.
- [9] 陈佑学,尤桂杰,杨少峰. 大学生静态平衡能力与运动及性别的关系:定量对比分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复,2007,49:9941—9945.
- [10] 陈佑学,尤桂杰,杨少峰. 体育与非体育专业大学生静态平衡定量对比分析[J]. 中国康复医学杂志,2008,2:141—144.
- [11] Slobounov S, Wu T, Hallett M. Neural basis subserving the detection of postural instability: an fMRI study[J]. Motor Control,2006,10(1):69—89.
- [12] 孙洪军,魏继祖. 正常成人简单反应时正常范围测定与分析[J]. 临床心身疾病杂志,2006,5:358—359.
- [13] 刘敏霞,薛庆,庞榆平. 空间位置记忆广度研究[J]. 科技导报,2010,20:40—42.
- [14] Getchell N, Pabreja P, Neeld K et al. Comparing children with and without dyslexia on the Movement Assessment Battery for Children and the Test of Gross Motor Development[J]. Percept Mot Skills,2007,105(1):207—214.
- [15] de Andrade LP, Gobbi LT, Coelho FG, et al. Benefits of multimodal exercise intervention for postural control and frontal cognitive functions in individuals with Alzheimer's disease: a controlled trial[J]. J Am Geriatr Soc,2013,61(11):1919—1926.