

文章编号:1004-7220(2012)04-0398-05

新式屈髋肌力训练机在轻重阻力下对 下肢肌电与运动范围的影响

陈韦翰, 潘玟璇, 杨雯雯, 钟宝弘, 刘 强

(台北市立体育学院,台北 11100)

摘要: **目的** 探讨新式屈髋肌力训练机在轻、重阻力情况下对下肢肌肉兴奋程度与运动范围的影响。**方法** 6位志愿者在屈髋肌力训练机台上,随机在轻或重阻力条件下进行连续30次的上提与下摆动作,并同时采集运动过程中的肌肉兴奋程度与下肢运动范围。**结果** 肌肉兴奋程度方面,在连续30次动作过程中,重阻力在腹直肌、屈髋肌、臀大肌、股直肌和股二头肌的兴奋程度皆显著高于轻阻力($P < 0.05$);重阻力在腹直肌、屈髋肌和股直肌后3次的兴奋程度皆显著高于前3次($P < 0.05$);轻阻力情况下,只有竖脊肌以及股直肌最后3次的兴奋程度显著高于前3次($P < 0.05$)。运动范围方面,重阻力情况下的动作范围与下摆角度显著小于轻阻力($P < 0.05$)。**结论** 新式屈髋肌力训练机无论是在轻或重阻力条件下,都能在髋关节合理的活动范围内刺激屈与伸髋主动肌群以及周边协同肌群来完成动作,特别是相对较重阻力的条件下。

关键词: 屈髋肌; 肌肉兴奋; 阻力; 运动范围; 肌电信号

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

Effects on electromyography activity and range of motion in lower limb from a novel hip flexor training machine under light and heavy resistance

CHEN Wei-han, PAN Wen-hsuan, YANG Wen-wen, CHUNG Pao-hung, LIU Chiang
(*Taipei Physical Education College, Taipei 11100, China*)

Abstract: **Objective** To investigate the effect of a novel hip flexor training machine on muscle activation and range of motion (ROM) in lower limb under the condition of different resistances. **Methods** Six volunteers performed consecutive rightly hip flexion and extension for 30 times under light or heavy resistance randomly on the training machine, and the muscle activity and ROM in lower limb during the movement were measured at the same time. **Results** The muscle activation of rectus abdominal, hip flexor muscles, gluteus maximum, rectus femoris and biceps femoris under heavy resistance was significantly higher than that under light resistance ($P < 0.05$); the muscle activation of rectus abdominis, hip flexor muscles and rectus femoris at during the last 3 times were significantly higher than that at of the first 3 times under heavy resistance ($P < 0.05$); under light resistance, only the muscle activation of erector spinae and rectus femoris during the last 3 times were significantly higher than that of the first 3 times. The ROM and angle of hip extension under heavy resistance were significantly smaller than those under light resistance. **Conclusions** Under the rational ROM of hip joint, this new hip flexor training machine can stimulate the hip flexion and extension muscles and other co-contraction muscles to accomplish the movement, especially under the condition of heavy resistance.

Key words: Hip flexor; Muscle activation; Resistance; Range of motion; Electromyography(EMG) signal

核心肌群泛指肋骨以下至骨盆,包含所有与骨盆相连接的肌肉^[1],其主要功能在于稳定躯干以协助各种动作的进行。近年来,核心肌群逐渐受到重视,相关研究日益增加。在日常生活中如走路、弯腰、转身或抬腿都会运用到核心肌群。核心肌群的训练不仅有助于稳定躯干提升运动表现^[2],也有助于下背痛的治疗^[3]。因此,诸如水中训练、皮拉提斯、抗力球以及瑜伽等运动或相关器材都被广泛应用于核心训练上^[4-7]。

髋关节屈曲为核心肌群作动的一部分,其负责的肌肉有髂腰肌、耻骨肌、股直肌、缝匠肌以及张阔肌膜肌;其中髂腰肌为主要作用肌,是人体走路过程中重要的肌群^[8]。研究证实,髋关节肌群为影响短跑表现的因素之一^[9],髋关节屈曲肌群阻力训练后能有效改善短跑冲刺(40 m)以及折返跑表现,而其增进的部分主要在前10 m的冲刺速度^[10]。跑步的周期可分为支撑期、蹬地期以及恢复期^[11],而屈髋训练则改善了恢复期提腿向前的能力,进而提升跑步速度,其中又以起跑加速度初期(前10 m)更加明显,这可能与起跑时身体较为前倾、髋关节需弯曲角度较大有关。

先前研究已证实屈髋肌力的训练能有效改善跑步的运动表现,但相关的训练设备却极少被开发,这可能跟屈髋动作的设计相对于其他部位较为困难有关^[10]。虽然核心肌群的训练可能有助于屈髋肌的锻炼,但是若能配合髋关节活动的力学特性来设计相关器材,更能有效地刺激髋关节之相关肌群^[12],以达到康复与训练的效果。本研究目的是要探讨一台新开发的屈髋训练机台在轻、重阻力情况下,连续30次上提、下摆动作的肌肉兴奋情形以及动作范围差异,并比较连续30次之前3次与最后3次的肌肉兴奋程度差异,以确定该机台设计是否能有效刺激下肢肌群。

1 方法

1.1 志愿者

志愿者为6名健康且半年内无下肢神经肌肉及骨骼伤害男性,平均身高(171.7 ± 3.7) cm、平均体重(66.5 ± 5.0) kg、平均年龄(23.2 ± 1.2)岁。

1.2 测试方法

本研究使用屈髋肌力训练机台为期美科技股份

有限公司(Model: prototype, Tonic Fitness Technology Inc., 台湾)所开发(见图1)。志愿者于训练机台上,大腿垂直向下,双跪于机台下方的软垫上,双手手肘靠在L型的手靠垫上,并握住扶把。测验时固定住左腿该侧的连杆,以平衡次序的方式分别进行一次轻阻力与重阻力两种不同阻力情况下,每秒一下、连续30次右脚上提、下摆的摆动动作(上提、下摆为一个完整的摆动动作),并同时收集两种情况下动作过程的肌肉兴奋程度以及动作范围数据。该机台阻力是以弹簧加压的方式增加连杆转动时的摩擦力,进而增加阻力。轻阻力指弹簧完全无施加压力给煞车垫片(即扣环转动到最松),重阻力为弹簧被压缩到密合,但并未将扣环转动到最紧。志愿者做连续动作时,令其按照节拍器发出的声响(每秒1下)的节奏做动作,以确保每次动作速度相同。

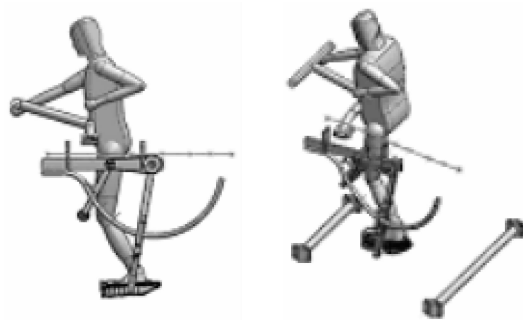


图1 屈髋训练机台

Fig. 1 Hip flexor training machine

1.2.1 实验流程 本研究已经由台北市立体育学院人体试验委员会审查通过。首先向志愿者说明本研究目的与流程,并签署实验同意书与填写志愿者基本数据,随后进行电极片的安置(表皮清理与电极片黏贴)与信号线整理固定,再让志愿者于机台上实际操作并熟悉动作节奏。待志愿者清楚动作方式且熟悉动作节奏后,即连续地分别进行一次轻阻力或重阻力(依平衡次序)连续30次右腿上提、下摆动作。动作结束后休息5 min即进行另一个阻力测验。

1.2.2 肌电信号采集 表面肌电图(surface electromyography, sEMG),又称动态肌电图(dynamic electromyography, DEMG),是从肌肉表面通过电极引导、记录下来神经肌肉系统活动时的生物电信号^[13]。使用具有前置放大器的双极表面电极(EMG-Amplifier and Electrodes; Biovision Inc., Wehrheim, 德国)、电极片(Al/AgCl; EL503; Biopac

Systems Inc.)及信号记录器(MP150; Biopac Systems Inc., 美国)来进行肌电信号的记录,采集频率设为1 kHz。黏贴电极片前先将欲测量部位进行除毛,再以酒精擦拭以去除角质并减少阻抗和干扰,最后将两片电极片黏贴于欲测量肌肉肌腹上,测量部位有右侧的腹直肌(rectus abdominal; T9、T10 中间)、竖脊肌(quadratus lumborum),以及右腿的屈髋肌(髂腰肌; iliopsoas)、臀大肌(gluteus maximus)、股直肌(rectus femoris)以及股二头肌(biceps femoris),黏贴位置参考文献[14],接地电极片贴于右手肘关节鹰嘴突。由于髂腰肌为深层肌肉,使用表面肌电图可能无法准确侦测其动作电位,但该肌肉外层的肌群也都属屈髋动作的作用肌群,故所量测到的电位应大都属于屈髋动作所产生的信号,可将此信号视为屈髋肌电位信号。

1.2.3 动作范围 使用CASIO EX-FH100 (CASIO COMPUTER CO., LTD., 日本)高速摄影机记录志愿者运动过程中,右大腿外侧连杆的角度变化,取样频率设为240 Hz。将高速摄影机架设于训练机台的侧面,摄影机镜头对准志愿者右大腿旁连杆上方的转动轴心。由于机台外侧的连杆遮住大部分志愿者的下肢,故在大腿旁连杆的下方贴上一颗红球,改以分析此球的移动情形,以取得最大动作范围、上提角度与下摆角度。

1.3 数据处理

1.3.1 肌电信号 以屈髋肌的肌电信号为基准点,当屈髋肌肌电信号突然增加时,即视为上提腿动作开始,随着上提动作的结束,肌电信号也随之下降,直到下一次信号突然增加为止,将此段时间视为一个完整动作(见图2)。连续30次采集起始点即为屈髋肌肌电信号突然增加的地方,终点为起始点开始后的30 s。前3次与后3次则分别取第2、3、4与第27、28、29次完整动作期间的信号。

将收集到的原始肌电信号先以10~500 Hz进行带通滤波(band-pass filter)处理,再进行翻正(full rectification),取得各条肌肉连续动作30次、前3次(第2、3、4次)与后3次(第27、28、29次)的平均均方根肌电振幅(root mean square of EMG, rEMG)进行比较。此rEMG通常被用于评估肌肉收缩时运动单元被征召兴奋的程度^[15];频率域分析则可评估运动单元的电位速度及激发频率。其中,rEMG被认

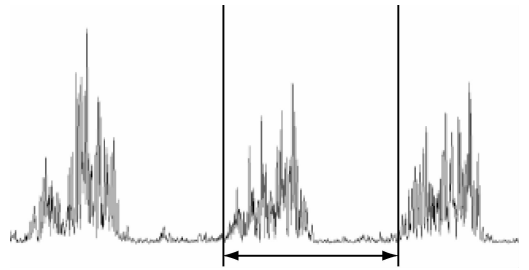


图2 一个完整动作的肌电信号的定义(以屈髋肌肌电信号为基准)
Fig.2 Definition of a cycle by EMG data (the EMG signals of hip flexor muscles were used to define the beginning and the ending points)

为是在时间域分析上最可信赖的评估参数^[16]。

1.3.2 动作范围的分析 将摄影机摄取的画面透过SiliconCOACH PRO6 (Siliconcoach Limited, 新西兰)分析软件,画出红球的移动轨迹,以转动轴心为中心点分析红球移动的最大夹角,视为上提、下摆动作的动作范围,并将此夹角以垂直中线分割为上提角度以及下摆角度(见图3),比较不同阻力情况下的角度变化。

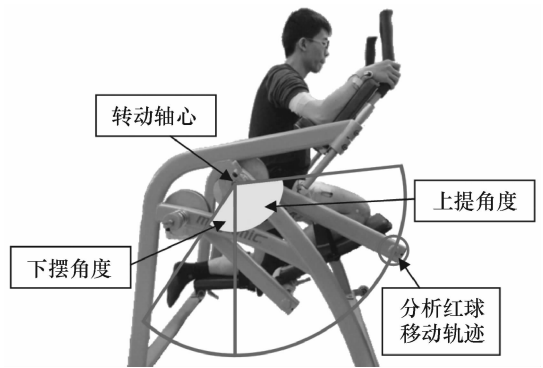


图3 动作范围分析
Fig.3 Range of motion analysis

1.4 统计分析

使用统计软件SPSS 12.0进行分析,以配对t检验比较不同阻力下连续30次上提、下摆的反复动作的平均rEMG与最大角度、上提角度以及下摆角度,以及比较前3次和后3次反复动作的平均rEMG。显著水平 α 值定为0.05。

2 结果与讨论

2.1 肌肉兴奋程度

连续30次右脚上提、下摆动作时各肌肉平均rEMG(见图4),除竖脊肌以外,所有肌肉在重阻力

情况下皆明显大于轻阻力。重阻力情况下,腹直肌、屈髋肌、臀大肌、股直肌以及股二头肌皆显著大于轻阻力($P < 0.05$),且相差幅度重阻力约为轻阻力的2倍。

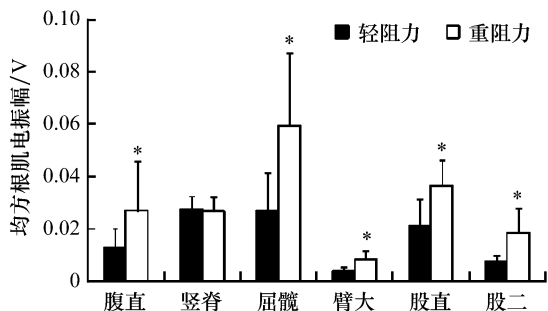


图4 各肌肉轻、重阻力情况下连续30次平均rEMG (* $P < 0.05$)
 Fig. 4 rEMG of muscles under light and heavy resistance after 30 consecutive movement

前3次与后3次上提、下摆动各肌肉平均rEMG,在轻阻力情况下,除臀大肌以外,所有肌肉后3次皆有上升的趋势(见图5),其中以竖脊肌以及股直肌达显著差异($P < 0.05$)。在重阻力情况下,所有肌肉后3次皆有上升的趋势(见图6),其中以腹直肌、屈髋肌以及股直肌达显著差异($P < 0.05$)。

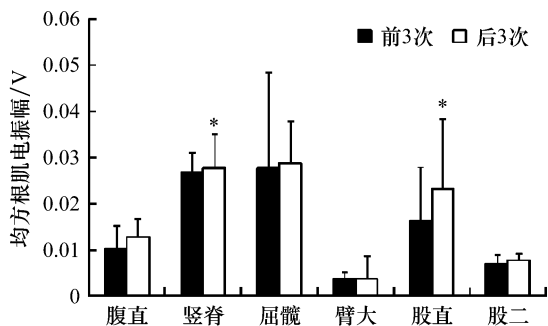


图5 轻阻力情况下各肌肉前3次与后3次平均rEMG (* $P < 0.05$)
 Fig. 5 rEMG of muscles at the first 3 and last 3 times under light resistance

研究结果显示,连续30次上提、下摆动各肌肉平均rEMG,在重阻力情况下,腹直肌、屈髋肌、臀大肌、股直肌以及股二头肌皆显著大于轻阻力情况($P < 0.05$),且相差的幅度重阻力约为轻阻力的2倍。说明其阻力调整能有效增加屈髋以及伸髋肌群的刺激,使相关肌群在执行相同动作时,征召更多的运动单元以维持动作所需的力量。比较连续30次的前3次与后3次各肌肉平均rEMG发现,在重阻

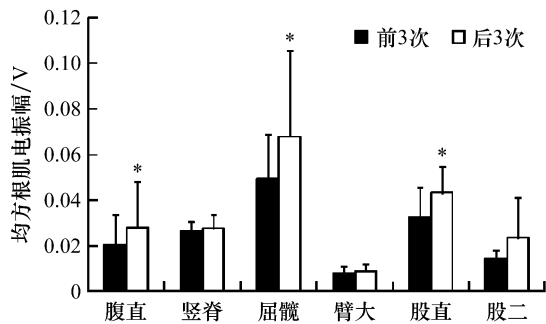


图6 重阻力情况下各肌肉前3次与后3次平均rEMG (* $P < 0.05$)
 Fig. 6 rEMG of muscles at first 3 and last 3 times under heavy resistance

力情况下,腹直肌、屈髋肌、以及股直肌后3次皆显著大于前3次($P < 0.05$);而在轻阻力情况下,则只有竖脊肌以及股直肌达显著差异($P < 0.05$)。显示重阻力的负荷程度能有效刺激屈髋作用肌群(屈髋肌、股直肌)以及辅助稳定的腹直肌,使这些肌群在连续动作过程中,不断征召更多的运动单元,有一定的训练效果。而轻阻力的负荷则只对竖脊肌以及股直肌有显著的影响,对屈髋肌以及腹直肌并无影响。

2.2 动作范围

轻、重阻力情况下,连续30次上提、下摆的动作范围分别为(103.5 ± 19.1)°、(89.5 ± 15.8)°;上提角度分别为(76.0 ± 13.9)°、(76.7 ± 10.4)°;下摆角度分别为(27.5 ± 8.8)°、(12.8 ± 10.3)°(见图7)。重阻力情况下动作范围与下摆角度显著小于轻阻力($P < 0.05$)。

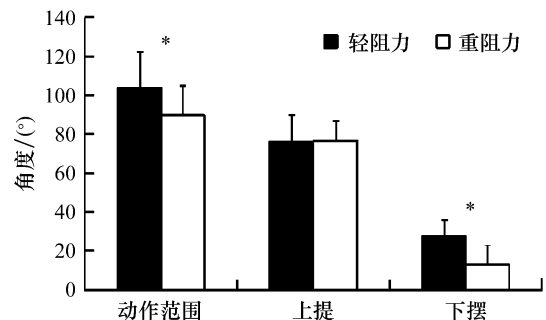


图7 轻、重阻力下整体动作范围、上提时与下摆时的角度变化 (* $P < 0.05$)
 Fig. 7 Changes in the range of motion, the angle of hip flexion and hip extension under light and heavy resistances

重阻力情况下上提、下摆的动作范围显著小于轻阻力,但上提的角度却没有显著的变化。此点与

本研究假设不同,表示该阻力负荷可能不足以影响志愿者上提动作的范围。而造成动作范围变小的原因,主要是下摆幅度变小的原故;这可能是由于机台阻力是以摩擦力的方式来增加,因此在增加阻力的情况下,不仅上提动作要施加更多力量,下摆时也要增加相对的力量,才能使连杆往下摆动。但根据肌肉兴奋程度的结果可知,重阻力的负荷程度只对屈髋作用肌群以及腹直肌有显著的刺激影响,但对伸髋的肌群则无影响,因此下摆幅度变小的原因,可能与阻力大小无关。究其原因,可能与下摆动作施力不便有关。因为志愿者做下摆动作时,只能对跪垫施以向下的力量,并无其他协助下摆动作施力的配置,故造成下摆幅度变小。

先前的研究结果显示,前抬腿髋关节与躯干的最大夹角为 84.3° ,而后提臀髋关节最大夹角为 133.4° ^[17];若将两个角度换算成与垂直中线下方的夹角(符合本研究计算方式),则分别为 95.7° 、 46.6° ,两夹角合计为 142.3° 。此结果比本研究轻阻力情况下最大角度 103.5° 高出约 40° ,上提及下摆角度约各高出 20° ,其差异可能是连杆与跪垫的重量所造成的影响。

3 结语

本文研究的这种新开发的屈髋训练机台,经摩擦阻力的调整后,无论是轻或重阻力条件下,皆能在髋关节合理的活动范围内刺激屈与伸髋主动肌群以及周边协同肌群来完成动作,特别是相对较重阻力的条件下。希冀本研究成果可以适用于康复运动与竞技运动训练领域,可以针对于髋关节肌群较弱的族群进行功能性的训练(如爬梯困难的老年人),也可针对运动员进行髋关节肌群的阻力训练以增进运动表现(如需强化屈髋肌群肌力的短跑选手)。此外,也可探讨长期使用屈髋训练机台训练后对下肢肌群的影响。

致谢:感谢期美科技股份有限公司(Tonic Fitness Technology Inc.)提供新式屈髋肌力训练机台与相关实验经费。

参考文献:

[1] Boyle M. Functional training for sports: Superior conditioning for today's athlete. Human kinetics [M]. United State:

Human Kinetics Publishers, 2004.

[2] 苏金鹏,江杰颖,林晋利. 核心稳定肌群与功能性训练对不同运动的重要性[J]. 北体学报, 2008, 16: 107-115.

[3] Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, et al. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain [J]. Spine, 2002, 27(4): 399-405.

[4] 黄静如,邹碧鹤. Power Yoga 训练对大学生背痛影响之探讨[J]. 嘉南学报, 2005, 31: 420-432.

[5] 叶益铭,黄土魁,林正仰. 六周抗力球训练对棒球选手核心肌群与专项运动能力之影响[J]. 运动教练科学, 2009, 16: 15-28.

[6] 曾雅莉. 皮拉提斯核心运动介入对下背痛患者的效果探讨[D]. 屏东: 屏东教育大学体育学系硕士论文, 2006.

[7] 宋琦勃,封旭华,仰红慧. 核心肌群训练在游泳训练中的应用[J]. 医用生物力学, 2009, 24(3): 233-236.

Song QQ, Feng XH, Yang HH. Application of core strength training in swimming [J]. J Med Biomech, 2009, 24(3): 233-236.

[8] 陈金山,徐淑媛. 彩色图解人体解剖与生理学[M]. 台北: 麦格罗希尔, 2000.

[9] 金磊,刘宇,魏书涛,等. 短跑运动中下肢环节间互动动力学分析[J]. 医用生物力学, 2008, 23(3): 193-201.

Jin L, Liu Y, Wei ST, et al. Intersegmental dynamics analysis of the lower limb in sprint running [J]. J Med Biomech, 2008, 23(3): 193-201.

[10] Deane RS, Chow JW, Tillman MD, et al. Effects of hip flexor training on sprint, shuttle run, and vertical jump performance [J]. J Strength Cond Res, 2005, 19(3): 615-621.

[11] Hay JG. The biomechanics of sports techniques: Englewood cliffs [M]. NJ: Prentice-Hall, 1993: 406.

[12] 张明,樊瑜波,王喜太. 康复工程中的生物力学问题[J]. 医用生物力学, 2011, 26(4): 291-293.

Zhang M, Fan YB, Wang XT. Biomechanics in rehabilitation engineering [J]. J Med Biomech, 2011, 26(4): 291-293.

[13] Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement (2nd ed) [M]. Canada: John Wiley & Sons, 1990.

[14] Perotto AO, Delagi EF, Lazzetti J, et al. Anatomical guide for the electromyographer: The limbs and trunk [M]. USA: Charles C Thomas, 1994.

[15] De Cuca CJ. Physiology and mathematics of myoelectric signals[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 1979, 26(6): 313-325.

[16] Basmajian JV, DeLuca CJ. Muscles Alive. Their Function Revealed by Electromyography [M]. Baltimore: Williams & Wilken, 1985.

[17] 钟宝弘,廖英宏,杨雯雯,等. 髋关节屈伸力量与动作范围之生物力学分析[J]. 华人运动生物力学期刊, 2012, 6: 29-35.