

不同负荷快速离心一向心卧推练习 动力学参数及 sEMG 研究

郭成根¹, 周爱国²

(1. 太原师范学院 体育系, 太原 030619; 2. 北京体育大学 体能训练学院, 北京 100084)

摘要: 目的: 比较常规卧推练习 (TBP) 与快速离心速度下卧推练习 (FBP) 时的动力学参数及 sEMG 变化特点, 为选择适宜的卧推负荷和卧推方式提供依据。方法: 以 12 名大学生作为受试者分别进行 40%、60%、80%1RM 的 TBP 和 FBP 练习, 测量其推起时的速度、功率和力值等动力学参数, 及相关肌肉向心阶段的 IEMG 和 RMS 变化情况。结果: ①在相同的各级负荷上 FBP 较 TBP 可产生更大的功率输出和峰值力量, 40%—60%1RM 范围内 FBP 比 TBP 有更大的动作速度。②相同负荷上 TBP 与 FBP 比较主动肌 IEMG 不存在显著性差异 ($P>0.05$); 胸大肌 RMS 在 40% 1RM 负荷时存在非常显著性差异 ($P<0.01$), 在 60%1RM 负荷时存在显著性差异 ($P<0.05$); 肱二头肌 IEMG 在 80%1RM 负荷时存在非常显著性差异 ($P<0.01$), RMS 在 80%1RM 负荷时存在显著性差异 ($P<0.05$)。结论: FBP 可以有效提高峰值功率和最大力量, 中小负荷时比 TBP 有更大的动作速度; 中小负荷时, FBP 比 TBP 有利于胸大肌更好地储存与释放弹性势能, 提高肌肉的工作效率; 大负荷时 FBP 拮抗肌收缩加强, 要注意拮抗肌与主动肌的协同练习。

关键词: 常规卧推练习; 快速离心速度下卧推练习; sEMG; RMS; 速度; 功率; 力量

中图分类号: G804.2

文献标志码: A

文章编号: 1008-3596 (2019) 05-0090-07

卧推是提高上肢力量最常见的练习之一^[1], 常规的卧推 (Traditional Bench Press, TBP) 在杠铃下落的过程中对速度不做要求, 到最低点时再迅速推起。美国体能教练 Cal Deitz 发现, 成绩较好的铅球运动员在做卧推时, 采用非常快的速度下降杠铃再迅速推起的卧推方式, 即快速离心卧推 (Fast Centrifugal Bench Press, FBP)。而有研究表明, 注重不同阶段的速度可以改变卧推时的速度、力量和功率输出, 进而影响到训练效果^[2-3]。Sakamoto A 等^[4]研究发现, 以不同速度进行卧推练习时, 肌肉的激活和疲劳程度也存在差异。当前对于卧推速度的研究主要

集中在推起阶段 (即向心阶段), 对于卧推时杠铃下降阶段 (离心阶段) 研究较少。

在竞技体育, 特别是篮球、拳击、摔跤等项目的训练中, 卧推发挥着重要作用^[5-6], 如何提高训练效率是需要考虑的重要问题。FBP 在实践中已被证明有不可忽视的作用, 因此有必要对其进行研究。本研究从动力学和表面肌电两方面入手研究 TBP 和 FBP 练习在力学和神经—肌肉控制方面的差异, 考虑到当前的很多研究都认为卧推的最佳功率输出在 30%—80% 1RM 之间^[7-8], 所以本研究选择 40%、60%、80%1RM 作为研究的范围。

收稿日期: 2019-04-10

作者简介: 郭成根 (1993—), 男, 山西长治人, 助教, 硕士, 研究方向为体能训练理论与实践。

通讯作者: 周爱国 (1971—), 男, 山东德州人, 教授, 博士, 博士生导师, 研究方向为体能训练理论与实践。

文本信息: 郭成根, 周爱国. 不同负荷快速离心一向心卧推练习动力学参数及 sEMG 研究[J]. 河北体育学院学报, 2019, 33 (5): 90-96.

1 研究方法

1.1 文献资料法

在北京体育大学图书馆 EBSCO 运动科学及康复医学全文数据库、中国知网中检索相关关键词,查阅、分析相关文献,了解当前的研究状况,为本研究提供依据。

1.2 实验法

1.2.1 实验设计

选取 12 名大学生作为受试者,以 40%、60%、80%1RM 卧推负荷在自由式卧推架上进行 TBP 和 FBP 练习,测试练习过程中的功率、力、速度,同时记录主动肌(三角肌前束、肱三头肌、胸大肌)和拮抗肌(肱二头肌)的信号,每个负荷连续完成两次,负荷之间休息 5 min,负荷采用递增的形式安排,TBP 和 FBP 练习分开测试,且间歇一周。

1.2.2 受试者

选取 12 名大三学生作为受试者(年龄 23.0 ± 1.13 岁,身高 175.25 ± 6.62 cm,体重 75.08 ± 7.17 kg,1RM 卧推 78.33 ± 7.18 kg),身体健康,无不良嗜好,有卧推训练经历,上肢无受伤经历,能够熟练掌握技术动作,测试前 24 小时内没有进行过上肢训练,所有参与者均为自愿参与测试。

1.2.3 测试仪器和工具

标准的自由式卧推架、斯洛伐克 Tendo Unit 爆发力与速度反馈系统、美国 DELSYS 无线肌电采集系统(Trigno TM Wireless EMG system)及其自带电脑装置、高速摄像机、节拍器、酒精、棉球、双面胶、肌贴、剪刀。

1.2.4 测试指标及方法

①用 Tendo Unit 爆发力与速度反馈系统测量不同离心速度卧推时的动力学指标,包括推起时的速度(V)、功率(P)和力值(F)。②用 DELSYS 无线肌电采集系统及其自带电脑装置采集三角肌前束、肱三头肌、胸大肌、肱二头肌肌电信号。③一台高速摄像机(250 帧/秒)与卧推时的动作和无线肌电采集系统同步。最后根据杠铃离心落至胸前和向心推起时的时间,使用 DELSYS 无线肌电采集系统的配套分析软件 EMGworks 选取向心阶段 IEMG(积分肌电)和 RMS(均方根振幅)进行分析,因为受试者是与自身做对照,故未再进行标准化处理。

1.2.5 测试方案

本次测试共分为三个部分,第一部分是 1RM 卧推的测试以及测试整个过程和注意事项讲解;第二部分为不同负荷 TBP 的功率与肌电测试,这一过程在第一部分的第二周进行,负荷采用递增的形式;第三部分为 FBP 测试,为避免疲劳,测试时间与 TBP 测试间隔一周,测试过程与第二部分相同。每次测试必须在三天之内完成,最后将所得的数据进行处理分析得出结果。

(1)测试要求:每次 TBP 时,受试者肘关节伸直,保持杠铃位于胸部上方,由节拍器控制以 2 s 的速度下降到轻触胸部后迅速推起,不可停顿;每次 FBP 时,受试者尽可能快地下降杠铃到轻触胸部后迅速推起,不可停顿,其他条件均与 TBP 相同。测试时,两名专业体能教练在旁边保护和监督受试者是否轻触胸部,对于没有触及或者完全压在胸上的取消本次测试成绩,重新测试。

(2)不同负荷快速离心—向心速度下 TBP 和 FBP 动力学指标与 sEMG 指标测试。测试前工作人员提前到达场地调试 Tendo Unit 爆发力测试仪及 DELSYS 无线肌电采集系统。受试者到达测试场地后,再次对其讲明测试要点和动作规范,之后受试者开始热身。先进行全身性活动,包括慢跑、上下肢主要肌群拉伸,之后再针对肩、肘、腕等上肢主要关节做专门性的热身,最后在准备好的自由式卧推架上进行 1—2 组 5—10 次低负荷热身^[9],整个过程持续 15—20 分钟左右。热身结束后,在受试者相应肌肉位置固定无线电极。将 Tendo Unit 爆发力与速度反馈系统安装于杠铃上,要求杠铃运动轨迹垂直于地面。高速摄像机置于受试者卧推动作的正面,以保证清楚地拍到杠铃落下与推起时的时间。

每个负荷连续完成 2 次,负荷之间间歇 5 min, Tendo Unit 爆发力与速度反馈系统记录推起时的速度(V)、功率(P)和力值(F), DELSYS 无线肌电采集系统记录各测试肌肉的肌电信号,测试结束后,根据高速摄像机拍摄出的杠铃离心落至胸前和向心推起时的时间选取第 2 次的向心动作进行肌电分析。

1.3 数理统计法

将 Tendo Unit 测得的动力学指标导入 Excel 2007 保存, DELSYS 无线肌电采集系统测得的肌电信号导入 EMGworks 处理后再导入 Excel

2007保存,最后运用SPSS21.0统计软件处理。将TBP和FBP在相同负荷下(40%1RM、60%1RM、80%1RM)各个指标数据采用配对样本t检验,分析完成动作时的差异;采用单因素方差分析(ANOVA),分别分析TBP和FBP在各自不同负荷组间的差异,之后再行多重比较(LSD),分析相邻负荷之间的差异。上述均值差异的显著性水平均为 $P<0.05$ 。

2 研究结果

2.1 不同负荷TBP与FBP的动力学参数特点

由表1可见,TBP与FBP各自的峰值力量随负荷增加而增加,两组组间均存在显著性差异,LSD显示TBP在40%与60%1RM、60%

与80%1RM之间均存在显著性差异($P<0.05$),FBP在40%与60%1RM之间存在显著性差异($P<0.05$),60%与80%1RM负荷之间不存在显著性($P=0.073>0.05$);杠铃速度随负荷增加而降低,组间与LSD比较后显示,负荷之间均存在显著性差异($P<0.05$);TBP与FBP动作的最佳峰值功率出现在40%1RM,两组组间均存在显著性差异($P<0.05$),LSD显示TBP与FBP在40%与60%1RM之间存在显著性差异($P<0.05$),在60%与80%1RM负荷之间不存在显著性差异($P>0.05$)。

在相同的各级负荷上FBP较TBP可产生更大的功率输出和峰值力量,40%和60%1RM范围内FBP比TBP有更大的动作速度。

表1 不同负荷TBP与FBP的动力学参数比较($n=12$)

1RM%	峰值力量/N		平均速度/(m/s)		峰值功率/W	
	TBP	FBP	TBP	FBP	TBP	FBP
40%	635.50±75.89 [#]	665.17±91.60* [#]	1.19±0.15 [#]	1.29±0.14* [#]	730.83±100.56 [#]	777.58±125.43* [#]
60%	709.17±96.41	778.92±86.48**	0.89±0.12	0.95±0.13*	654.08±86.70	672.00±93.87*
80%	789.58±84.30 [#]	847.00±91.72**	0.62±0.11 [#]	0.66±0.08 [#]	601.42±71.70	635.67±84.35*
F	9.648	12.513	70.968	74.730	6.697	6.180
P	0.001	0.000	0.000	0.000	0.004	0.005

注:*表示与TBP相比具有显著性差异($P<0.05$),**表示与TBP相比具有非常显著性差异($P<0.01$);[#]表示与同组相邻负荷之间相比具有显著性差异($P<0.05$)。下同

2.2 不同负荷快速离心一向心卧推练习sEMG特点

2.2.1 不同负荷TBP与FBP向心阶段IEMG变化特点

由表2可见,TBP与FBP主动肌的IEMG随负荷增加而增加,两组组间均存在显著性差异($P<0.05$),LSD显示TBP时三角肌前束和胸大肌在40%和60%1RM之间存在显著性差异($P<0.05$),60%和80%1RM之间不存在显著性差异($P>0.05$),肱三头肌在40%和60%1RM、60%和80%1RM之间均存在显著性差异

($P<0.05$),FBP时三角肌前束和肱三头肌在40%和60%1RM、60%和80%1RM之间均存在显著性差异($P<0.05$),胸大肌在40%和60%1RM之间存在显著性差异($P<0.05$),60%和80%1RM之间不存在显著性差异($P>0.05$);拮抗肌肱二头肌TBP时组间无显著性差异($P>0.05$),FBP时组间存在显著性差异($P<0.05$),LSD显示40%和60%1RM之间不存在显著性差异($P>0.05$),60%和80%1RM之间存在显著性差异($P<0.05$)。

表2 不同负荷TBP与FBP的IEMG比较($n=12$)

1RM%	三角肌前束		肱三头肌		胸大肌		肱二头肌	
	TBP	FBP	TBP	FBP	TBP	FBP	TBP	FBP
40%	58.41±	51.65±	40.65±	33.45±	29.12±	24.75±	7.41±	7.52±
	12.18 [#]	13.16 [#]	8.40 [#]	11.73 [#]	7.11 [#]	7.87 [#]	2.61	2.57
60%	67.75±	59.76±	51.97±	49.27±	40.06±	33.60±	9.25±	9.52±
	12.98	10.07	11.70	12.76	14.23	14.05	3.19	2.98
80%	73.56±	70.54±	64.15±	57.44±	50.45±	44.33±	10.32±	13.68±
	13.21	10.97 [#]	17.14 [#]	11.50 [#]	19.40	20.47	3.35	4.81** [#]
F	4.279	8.164	9.921	12.378	6.510	5.102	2.767	9.199
P	0.022	0.001	0.000	0.000	0.004	0.012	0.077	0.001

在各级相同负荷上, TBP与FBP比较显示主动肌IEMG均不存在显著性差异($P>0.05$); 拮抗肌肱二头肌在80%1RM负荷时存在非常显著性差异($P<0.01$)。

2.2.2 不同负荷TBP与FBP向心阶段RMS变化特点

由表3可见,在递增负荷的练习中,TBP与FBP主动肌的RMS与IEMG的变化趋势相似。三角肌前束和肱三头肌组间均存在显著性差异,胸大肌TBP时组间负荷不存在显著性差异($P>0.05$),但FBP时组间负荷存在显著性差异($P<0.05$),LSD显示,40%和60%1RM之

间存在显著性差异($P<0.05$),60%和80%1RM之间不存在显著性差异($P>0.05$);拮抗肌肱二头肌在TBP与FBP时,组间负荷均不存在显著性差异($P>0.05$)。

在各级相同负荷上,TBP与FBP比较显示主动肌胸大肌在40%1RM时存在非常显著性差异($P<0.01$),在60%1RM时存在显著性差异($P<0.05$),在各级相同负荷上,三角肌前束和肱三头肌不存在显著性差异($P>0.05$);拮抗肌肱二头肌在80%1RM负荷时存在显著性差异($P<0.05$)

表3 不同负荷TBP与FBP的RMS比较($n=12$)

1RM%	三角肌前束		肱三头肌		胸大肌		肱二头肌	
	TBP	FBP	TBP	FBP	TBP	FBP	TBP	FBP
40%	471.50±	512.58±	187.58±	210.67±	132.93±	145.06±	49.60±	52.84±
	138.20#	147.73#	56.59#	59.65#	44.60	42.13**#	16.34	16.12
60%	553.92±	605.50±	218.92±	251.50±	169.69±	186.67±	59.08±	61.84±
	123.58	130.61	66.76	74.65	48.33	59.20*	16.86	18.79
80%	618.50±	655.17±	261.42±	288.25±	174.00±	194.08±	64.56±	69.80±
	122.01	133.67	61.98	80.70	34.82	46.42	15.42	18.75*
F	3.968	3.323	4.298	3.466	3.258	3.382	2.612	2.689
P	0.029	0.048	0.022	0.043	0.051	0.046	0.088	0.083

μV

3 讨论分析

3.1 不同负荷快速离心一向心卧推练习时动力学变化特点分析

本研究结果显示,以不同负荷进行快速离心(FBP)与常规卧推(TBP)练习时,动力学变化趋势相似,峰值力量均随着负荷的增加而增加,而速度则随负荷的增加而减少,这一结果基本符合Hill^[10]力量—速度曲线模型。功率方面,Hill认为最佳功率应是最大肌肉收缩速度和最大力量1/3的成绩,即在一定范围内功率随着力量的增加而增大,超出后开始减小,而本研究中TBP与FBP在研究的范围内处于递减趋势,因此推断最佳功率应该处于40%1RM左右。在前人的研究中也有类似的发现,例如,Thiesfield等^[11]用15名大学生研究了卧推练习的最佳功率,其中13人最佳功率出现在40%—50%1RM,且这两个负荷之间不存在显著性差异,认为最佳功率输出在40%—50%1RM之间。Amador等^[12]研究了20%—70%1RM范围内的卧推和卧抛测试,认为最佳功率出现在30%1RM,但相邻负荷之间(20%与30%1RM,

30%与40%1RM)均不存在显著性差异,所以认为最佳功率输出范围为20%—40%1RM,且在整个研究范围内(20%—70%1RM)卧推和卧抛的最佳功率都存在显著性差异。这一点与本研究存在差异,这或许与卧抛与本研究所强调的阶段不同有关,本研究强调离心阶段,而卧抛强调向心阶段和出手速度。

动作速度是训练中应当注意的重要因素,特别是像摔跤、拳击等项目,速度的快慢可能会成为比赛中的决定性因素。针对上肢力量的训练,很多研究已经证明卧抛比卧推能产生更高的动作速度^[3,13],分析不难发现,卧抛练习推起时出手属于末端释放练习,要求运动员尽可能快地推起;而卧推练习时,为了实现对杠铃的控制,整个推起过程不可能一直加速,在动作末端必定会减速,在发展上肢速度—力量时可能会大打折扣,由此来看卧抛是理想的练习选择。但是卧抛要求在固定的器械上进行,与自由式器械相比又会降低对神经—肌肉的刺激,且从动作模式方面分析,这两个动作也存在一定的差异性。从本研究结果来看,在负荷>60%1RM时FBP与TBP不存在显著性差异,推起时虽然也会降速,但在

负荷 $\leq 60\%$ 1RM时FBP推起的速度却大于TBP(表1),也就是说在中小负荷时FBP在提高动作速度方面比传统的卧推练习更具有优势,一定程度上可以弥补常规卧推练习的缺陷。在实践训练中,FBP练习已经被很多教练接受,比如美国体能教练Cal Deitz,在铅球运动员身上广泛应用该练习法,取得了不错的效果。

本研究显示在 $40\%—80\%$ 1RM范围内TBP与FBP峰值力量均存在显著性差异,这与峰值功率存在相似性。Christopher等人^[14]研究也表明,较大负荷力量训练有利于大阻力时的功率输出。本研究中在 60% 与 80% 1RM时,FBP的峰值力量之间差异不显著,通过分析认为,离心力量不足可能是造成这种情况的主要原因,这也提醒人们在进行卧推练习时,离心力量可能是影响卧推功率输出的重要因素。

3.2 不同负荷快速离心一向心卧推练习时sEMG变化特点分析

卧推练习时,多肌群参与工作,根据各肌肉所起的作用不同可以分为主动肌、拮抗肌、稳定肌和中和肌。Gabriel等^[15]在研究表面肌电时认为,主动肌和拮抗肌都应该作为测量指标,所以本研究中sEMG肌电分析包括三角肌前束、肱三头肌、胸大肌等主动肌和拮抗肌肱二头肌,并选用IEMG和RMS作为测量指标。IEMG是肌电图经过滤波等处理后曲线下所围成面积的总和,表示在一段时间内肌肉中参与活动的运动单位放电总量,一定程度上反映了参加工作的运动单位的数量和每个运动单位的放电大小^[16]。RMS反映肌肉放电的有效值,大小取决于肌电振幅变化,一般认为与运动单位募集和兴奋节律的同步化有关^[17]。

本研究结果显示,随着负荷的增加,TBP和FBP时主动肌的IEMG也逐渐增大,表明随着负荷的增加肌肉中参与活动的运动单位放电总量逐渐增大,所募集的运动单位数目逐渐增多。Naomi等^[18]研究认为IEMG和力量存在线性关系,刘述芝等^[19]认为IEMG的数值与其用力的大小存在正相关,本研究结果的变化特点与上述研究结果基本一致。本研究显示,相同负荷下TBP和FBP主动肌的IEMG数值不存在显著性差异($P>0.05$),TBP和FBP时原动肌肌肉中参与活动的运动单位放电总量和募集的运动单位数目差别不大,可能的原因是每次卧推时均是完

全的发力,这种情况下重量才是影响放电总量和总的运动单位数目的因素,这一研究结果与尺寸原理相符。段子才等^[13]和张戈^[20]在研究卧推与卧抛的肌电图特征时也有类似的发现。本研究显示,作为拮抗肌的肱二头肌在TBP中IEMG和RMS随负荷增加而增大,但变化幅度并不大,各级负荷之间不存在显著性差异($P>0.05$);FBP练习时,递增负荷中IEMG和RMS也逐渐增大,但在 80% 1RM增加幅度较大,各级负荷之间也存在显著性差异($P<0.05$);在相同负荷上进行比较时发现,TBP和FBP仅在 80% 1RM负荷上存在显著性差异($P<0.05$)。前期很多学者认为身体在神经系统的控制下肌肉、关节和骨相互配合完成动作,这时主动肌尽可能发力,拮抗肌尽可能放松。在本研究中TBP基本符合这一特点,但FBP时拮抗肌在 80% 1RM负荷上显然与这一观点不完全一致。其实很久之前就有人论述过主动肌和拮抗肌的相互关系,比如Marsden等^[21]和Waters P等^[22]研究就曾提出在进行负荷较大的快速动作时,神经系统的兴奋可能会比拮抗肌的抑制能力更强,从而引起主动肌和拮抗肌的共同收缩。FBP时的结果符合这一特点,表明在训练实践中要注意拮抗肌和主动肌的协同练习,提高训练的经济性与效率。

RMS反映肌肉放电的有效值,与运动单位募集和兴奋节律的同步化有关。在本研究中TBP和FBP时三角肌前束和肱三头肌在各级相同负荷上不存在显著性差异,原因可能是这两种卧推方式虽然不同,但在每级负荷上和每次卧推上都几乎用全力进行,所以肌肉放电的效应和兴奋节律差别不大。而TBP和FBP时胸大肌的RMS在 $40\%—60\%$ 1RM负荷上存在显著性差异($P<0.05$),对卧推的动作标准分析不难发现,进行卧推练习时胸大肌先进行离心式拉长再进行向心式收缩,TBP和FBP的区别在于离心式拉长的速度。罗炯^[23]认为在拉长—缩短练习时,弹性势能受到初长度的影响,也依赖于离心式的收缩速度,离心速度可能比牵拉长度对肌肉张力影响更大。显然在中小负荷时,杠铃落至最低点的过程中,FBP时的快速离心可以让胸大肌更好地储存与释放弹性势能^[24],提高了肌肉的工作效率和兴奋节律,田石榴等^[25]在研究男子篮球运动员的负重蹲跳时也有类似的发现。

同时本研究显示TBP和FBP时肱三头肌的

放电要先于胸大肌,在总放电量(IEMG)上胸大肌与肱三头肌相差并不是太大,并不像人们所想的卧推可以充分地刺激胸大肌。分析原因可能与测试时握杠的宽度有关。本研究采用的为双手略宽于肩的标准握杠方式,而有很多研究已经证明握杠时双手距离宽度会影响肌肉的激活程度。

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 与传统卧推(TBP)相比,快速离心卧推(FBP)在各级负荷上均可以产生更大的峰值功率和最大力量。在中小负荷时,FBP比TBP有更大的动作速度。中小负荷时,FBP胸大肌的工作效率高于TBP;大负荷时,FBP肱二头肌会激发更高的神经冲动,训练时应该考虑与主动肌的协同训练。

(2) TBP与FBP时最大力量均随负荷的增加而增加,但FBP时负荷大于60%1RM后增加不明显。杠铃速度随着负荷的增加而减小,中大负荷后下降趋势明显;随着负荷的增加,主动肌运动单位放电总量也逐渐增大。TBP时在负荷递增过程中拮抗肌肌电变化幅度较小,而FBP时大负荷情况下肌电显著增加。

4.2 建议

(1) 快速离心速度卧推练习(FBP)比传统卧推(TBP)能产生更高的功率输出,中小负荷有利于动作速度的发展,适宜进行上肢爆发力的练习。

(2) 大负荷快速离心速度卧推练习(FBP)时拮抗肌收缩增加,激发更高的神经冲动,应该考虑与主动肌的协同训练。

参考文献:

- [1] CASTILLO F, VALVERDE T, MORALES A, et al. Maximum power, optimal load and optimal power spectrum for power training in upper-body (bench press): a review[J]. Revista Andaluza De Medicina Del Deporte, 2012, 5(1): 18.
- [2] CALATAYUD J, VINSTRUP J, JAKOBSEN M D, et al. Influence of different attentional focus on EMG amplitude and contraction duration during the bench press at different speeds[J]. Journal of Sports Sciences, 2018, 36(10): 1162.
- [3] GARCÍA-RAMOS A, JARIC S, PADIAL P, et al. Force-velocity relationship of upper body muscles: traditional versus ballistic bench press[J]. Journal of Applied Biomechanics, 2016, 32(2): 178.
- [4] SAKAMOTO A, SINCLAIR P J. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press[J]. European Journal of Applied Physiology, 2012, 112(3): 1015.
- [5] 鲍善军. 拳击运动员专项力量的实验研究[J]. 武汉体育学院学报, 2011, 45(11): 90.
- [6] 何子红, 冯连世, 张豪杰, 等. 优秀女子摔跤运动员体能特征研究[J]. 中国体育科技, 2012, 48(1): 89.
- [7] AŞÇIA, AÇIKADA C. Power production among different sports with similar maximum strength[J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2007, 21(21): 10.
- [8] AZEEM K, KUMAR R. Effects of weight training on power performance[J]. Journal of Physical Education & Sport, 2011, 11(2): 14.
- [9] LOPES F A, PANISSA V L, JILIO U F, et al. The effect of active recovery on power performance during the bench press exercise[J]. Journal of Human Kinetics, 2014, 40(1): 161.
- [10] HILL A V. The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle[J]. Proceedings of the Royal Society of London, 1938, 126(843): 136.
- [11] THIESFIELD K, LOVELL D. Optimal Load for Peak Power Output on the Bench Press Exercise in Trained Individuals [J]. Journal of Australian Strength and Conditioning, 2017, 25(1): 14.
- [12] GARCÍA-RAMOS A, HAFF G G, PADIAL P, et al. Optimal load for maximizing upper-body power: Test-retest reproducibility[J]. Isokinetics and Exercise Science, 2016, 24(2): 115.
- [13] 段子才, 张戈, 汪东明, 等. 递增负重卧推和卧推抛起的动力特征及表面肌电活动研究[J]. 北京体育大学学报, 2013(4): 72.
- [14] TABER C, BELLON C, ABBOTT H, et al. Roles of maximal strength and rate of force development in maximizing muscular power [J]. Strength & Conditioning Journal, 2016, 38(1): 71.
- [15] GABRIEL D A, KAMEN G, FROST G. Neural adaptations to resistive exercise; mechanisms and recommendations for training practices [J]. Sports Medicine, 2006, 36(2): 133.
- [16] ARENDT-NIELSEN L. The relationship between muscle fiber conduction velocity and force in the human vastus lateralis[J]. J Physiol, 1984, 353: 6.
- [17] 罗小兵, 马建, 戴国钢, 等. 中医消除运动性肌肉疲劳临床实验研究之四——连续离心训练对肌电活

- 动和肌肉最大等长收缩力的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2003, 22(2): 193.
- [18] CHESLER N C, DURFEE W K. Surface EMG as a fatigue indicator during FES-induced isometric muscle contractions[J]. Journal of Electromyography and Kinesiology, 1997, 7(1): 27.
- [19] 刘述芝, 吴璜, 李玉章. 我国部分优秀男子跳远运动员起跳环节肌肉用力特征[J]. 上海体育学院学报, 2011, 35(2): 61.
- [20] 张戈. 全力连续卧推抛起练习过程中杠铃动力参数和主动肌 sEMG 变化[J]. 沈阳体育学院学报, 2015, 34(3): 74.
- [21] MARSDEN C D, OBESO J A, ROTHWELL J C. The function of the antagonist muscle during fast limb movements in man[J]. Journal of Physiology, 1983, 335(1): 1.
- [22] WATERS P, STRICK P L. Influence of 'strategy' on muscle activity during ballistic movements[J]. Brain Research, 1981, 207(1): 189.
- [23] 罗炯. 超等长练习机制与跳深训练法研究述评[J]. 天津体育学院学报, 2005, 20(2): 21.
- [24] KUBO K. In vivo elastic properties of human tendon structures in lower limb[J]. International Journal of Sport and Health Science, 2005, 3: 143.
- [25] 田石榴, 刘宇, 井兰香, 等. 男子篮球运动员不同负荷负重蹲跳的力学特征和肌电图表现[J]. 中国运动医学杂志, 2012, 31(11): 967.

Study on Dynamic Parameters and sEMG of Fast Centrifugal-Centrifugal Bench Press under Different Loads

GUO Cheng-gen¹, ZHOU Ai-guo²

- (1. Department of Physical Education, Taiyuan Normal University, Taiyuan 030619, China;
2. School of Physical Training, Beijing Sport University, Beijing 100084, China)

Abstract: *Objective:* To compare the dynamic parameters and sEMG changes of TBP and FBP so as to provide a basis for choosing suitable load and mode of TBP. *Methods:* TBP and FBP exercises of 40%, 60% and 80% 1RM were performed on 12 college students. The dynamic parameters in TBP and FBP such as speed, power and force were measured, and the changes of IEMG and RMS in the centrifugal phase of related muscles were also measured. *Result:* ① FBP can produce greater power output and peak power than TBP at the same level of load, and FBP has greater motion speed than TBP in the range of 40%~60% 1RM. ② There was no significant difference in IEMG between TBP and FBP at the same load ($P > 0.05$); RMS of pectoralis major muscle had significant difference at 40% load ($P < 0.01$), at 60% 1RM load ($P < 0.05$); IEMG of biceps brachii had significant difference at 80% 1RM load ($P < 0.01$); RMS had significant difference at 80% 1RM load ($P < 0.05$). *Conclusion:* FBP can effectively increase peak power and maximum strength, and has greater motion speed than TBP at medium and small loads; FBP can better store and release elastic potential energy than TBP at medium and small loads, and improve the working efficiency of muscles; FBP antagonist muscle contraction is strengthened at high loads, and attention should be paid to the cooperative exercise between antagonist muscle and active muscle.

Key words: TBP; FBP; sEMG; RMS; speed; power; strength