

抗阻训练经验对深蹲与卧推重复次数的影响

黄书恒¹, 朱雪艳²

(1. 集美大学体育学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门工学院体育部, 福建 厦门 361021)

摘要:为了探究有无抗阻训练经验的男性大学生在四个负荷强度下杠铃深蹲和卧推的最大重复次数差异,将受试者依据有无抗阻训练经验分为两组,测试两组的杠铃卧推和深蹲在95%、85%、75%和65% 1RM四个负荷强度下的最大重复次数,并采用两独立样本 t 检验进行差异分析。研究结果:(1)有抗阻训练经验组在65%和75% 1RM强度下杠铃卧推的最大重复次数明显更多($P < 0.05$),在85%、75%和65% 1RM强度下杠铃深蹲最大重复次数明显更多($P < 0.05$)。 (2)有抗阻训练经验组中,65% 1RM的杠铃深蹲的最大重复次数明显多于卧推($P < 0.05$);无抗阻训练经验组中,85% 1RM的卧推次数大于深蹲,65% 1RM的深蹲次数大于卧推。研究结论:(1)抗阻训练经验是影响最大重复次数的重要因素。(2)有抗阻训练经验的男性大学生在进行中低强度的杠铃深蹲和卧推训练时可完成更多的次数。(3)相同负荷强度下杠铃深蹲和卧推练习之间的最大重复次数存在差异。

关键词:抗阻训练;最大重复次数;训练经验;负荷强度

中图分类号:G 808.1

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2023)06-0044-09

Influence of Resistance Training Experience on Maximum Repetitions of Squat and Bench Press

HUANG Shu-heng¹, ZHU Xue-yan²

(1. College of Physical Education, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Sports Department, Xiamen Institute of Technology, Xiamen 361021, China)

Abstract: To investigate the difference in the maximum repetition (RM) between barbell squat and bench press in male college students with or without resistance training experience under four load intensity. **Methods:** Subjects were divided into two groups according to resistance training experience. The RM of barbell bench press and squat in the two groups were tested under four load intensities of 95%, 85%, 75%, and 65% 1RM, and the difference analysis was conducted by using two independent sample T-test. **Results:** (1) The RM of bench press at 65% 1RM and 75% 1RM were significantly higher in the trained group ($P < 0.05$), and the RM of barbell squat at 85%, 75% and 65% 1RM were significantly higher ($P < 0.05$); (2) In the untrained group, the RM of barbell squat was significantly more than that of bench press in 65% 1RM ($P < 0.05$); In the untrained group, the number of bench press was more than squat when the intensity was 85% 1RM, and the number of squat was greater than bench press when the intensity was 65% 1RM. **Conclusions:** (1) Resistance training experience is an important factor affecting the maximum number of repetitions; (2) Male college students with resistance training experience were able to do more repetitions in barbell squats and bench press at medium and low intensity. (3) There were different repetitions of barbell squat and bench press under the same load intensity.

Key words: resistance training; repetition maximum; training experience; the intensity of load

《国务院关于印发全民健身计划(2021—2025年)的通知》提出了“提升科学健身指导服务水平”和“推进全民健身融合发展”两点要求。大学生群体的健康发展是体教融合的重要环节之一。随着国家的

重视和政策的支持,大学生的健康情况有所改观,但其健康问题依然堪忧,力量素质薄弱的现象普遍在大学生群体中存在^[1]。如何科学有效地指导大学生通过训练增强体质,特别是力量素质,是高校体育工作

者需要加以重视的问题。

抗阻训练是发展力量素质主要的训练形式。一般认为,强度越大,所能完成的重复次数就越少^[2]。在抗阻训练中确定每一组训练的负荷强度和每组重复次数,才能够把控好整体的训练容量。1RM 百分比是抗阻训练中最常见一种负荷表达方式^[3]。然而在实际的抗阻训练过程中,存在如下问题:(1)某个强度所能完成的重复次数会与建议的次数相差较大。(2)对于同样的负荷强度,部分训练者可以较为轻松地完成预定的重复次数,其他训练者完成后已接近力竭或无法完成。(3)不同训练目的对重复次数的要求也不同,不合理的负荷安排会影响抗阻训练的质量^[4]。(4)训练经验不同的个体在自身疲劳程度的准确判断上存在差异^[5]。

综上所述,提出如下问题:(1)有抗阻训练经验和无抗阻训练经验的男性大学生在不同强度、不同抗阻练习中的最大重复次数有何特征?(2)有抗阻训练经验和无抗阻训练经验的男性大学生在不同强度、不同抗阻练习中的最大重复次数是否存在显著性差异?根据以上问题,本研究通过对抗阻训练中最大重复次数的测试,探讨有无抗阻训练经验男性大学生的重复次数差异,为抗阻训练的负荷强度制定提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

以不同负荷强度下有无抗阻训练经验的男性大学生杠铃卧推和深蹲的最大重复次数为研究对象。

1.2 实验法

1.2.1 实验过程

在实验正式开始之前,利用 InBody230 人体成分测试仪收集受试者人体成分信息(见表1)。每位受试者填写一份关于或包括健康史、抗阻训练经验和有氧训练经历的问卷。填写该问卷的目的如下:(1)确认受试者是否存在已知的疾病症状或体征等与健康有关的问题。(2)了解受试者参与抗阻训练的频率和时间,以及对当前杠铃深蹲和卧推1RM 重量的估计值,并依此分成有抗阻训练经验组与无抗阻训练经验组。分组情况保密。是否有抗阻训练经验判定标准如下:有过连续6个月每周进行至少3次、每次至少30分钟的抗阻训练经历的受试者归为有抗阻训练经验组,其他受试者归为无抗

阻训练经验组。在填写问卷的同时,实验对象会被告知在参与测试前48小时内禁止进行深蹲和卧推的练习,若是受试者不同意该要求,可以选择退出测试。

实验纳入32名男性受试者,其中有抗阻训练经验组18名,无抗阻训练经验组14名,均为北京体育大学在校学生。在测试进行的整个周期中,受试者不得使用咖啡因、肌酸等已被证实可以较短时间内增加运动表现的运动补剂;在测试过程中,不可穿戴深蹲套膝或卧推弹弓等有助于即刻提高杠铃深蹲和卧推力量表现的装备。

实验首先测量每个受试者杠铃深蹲和卧推的1RM 重量,根据测得数据,计算出所要测试的负荷强度对应的重量。受试者需完成达到标准动作幅度的杠铃颈后深蹲和平板卧推动作。标准为:卧推测试杠铃下落时要求杠铃杆轻触胸部,深蹲测试下蹲至底部时髌关节的高度要低于膝关节或至少持平。结束杠铃深蹲和卧推的1RM 重量测试后,保证至少间隔72小时才能开始进行第一个测试日的测试内容。每一个测试日测试16人,分成2组进行,受试者采用相同的热身方式完成热身,热身后间歇5分钟开始进行最大重复次数测试。第一个测试日先进行95%1RM 深蹲最大重复次数的测试,后进行75%1RM 卧推最大重复次数的测试;第二个测试日先进行85%1RM 深蹲最大重复次数的测试,后进行65%1RM 卧推最大重复次数的测试;第三个测试日先进行95%1RM 卧推最大重复次数的测试,后进行75%1RM 深蹲最大重复次数的测试;第四个测试日先进行85%1RM 卧推最大重复次数的测试,后进行65%1RM 深蹲最大重复次数的测试。每个测试日间隔72小时。

测试时安排人员进行保护,以确保受试者的安全。最大重复次数测试中,要求每人在指定负荷强度下的杠铃深蹲和杠铃卧推两个测试中尽可能多地完成重复。每一次动作的重复都严格要求做到标准幅度,即卧推测试杠铃下落时要求杠铃杆轻触胸部,推起时手臂伸直,深蹲测试下蹲至底部时髌关节的高度要低于膝关节或至少持平,否则不计为有效次数。同时要求每次重复之间应保证连续性。杠铃卧推与杠铃深蹲的最大重复次数测试之间保证至少5分钟的间歇时间。测试结束即刻询问受试者的RPE值,用以判断是否达到力竭状态^[5]。

由表1可知,两组训练者在身高、体重和身体成

分上均无显著性的差异,为本研究排除了一些无关变量;两组的深蹲和卧推 1RM,以及各自表示相对力量水平的 IPF 系数之间都有显著性差异,均为有抗阻训练组更高,符合了实验对象的特征。

表 1 受试者基本信息

指标	有抗阻训练经验组 (<i>n</i> = 18)	无抗阻训练经验组 (<i>n</i> = 14)	<i>P</i> 值
年龄/ <i>y</i>	22.93 ± 1.10	22.73 ± 1.03	0.900
身高/ <i>cm</i>	178.19 ± 5.22	177.54 ± 3.57	0.104
体重/ <i>kg</i>	76.20 ± 6.10	74.42 ± 5.95	0.809
体脂率/%	14.19 ± 3.04	13.25 ± 3.75	0.397
骨骼肌/ <i>kg</i>	37.40 ± 3.13	36.85 ± 2.26	0.311
卧推 1RM/ <i>kg</i>	110.38 ± 8.68 *	84.44 ± 8.88	0.000
卧推 IPF 系数	474.15 ± 50.17 *	369.00 ± 50.17	0.000
深蹲 1RM/ <i>kg</i>	155.00 ± 7.56 *	121.67 ± 8.53	0.000
深蹲 IPF 系数	443.36 ± 16.17 *	360.57 ± 13.36	0.000

注:两组比较,*表示 $P < 0.05$,有显著性差异。

1.2.2 实验内容

四个负荷强度下杠铃深蹲和杠铃卧推练习的最大重复次数测试。

1.2.3 实验变量

杠铃深蹲和杠铃卧推的 1RM 百分数对应强度:95% 1RM、85% 1RM、75% 1RM、65% 1RM。

1.2.4 实验器材

20kg 标准奥林匹克举重杆及所有规格的杠铃片、KEISER 品牌深蹲架与卧推凳、主观疲劳感觉量表(0~10 级 RPE)。

1.2.5 实验相关指标

(1) 杠铃深蹲与杠铃卧推的最大重量(1RM)

按照美国体能协会 NSCA 的测试流程来执行杠铃深蹲与卧推最大重量(1RM)的测试。在测试之前,受试者采用预估最大重量的 50% 完成 5~10 次的重复热身,休息 1 分钟后,深蹲以 14~18kg 逐次增加重量,卧推以 4~9kg 逐次增加重量,采用预估可以完成 3~5 次重复的重量进行热身。休息 2 分钟,深蹲和卧推再次分别以 14~18kg 和 4~9kg 逐次增加重量,保守推估出可以完成 2~3 次反复的最大重量完成动作。休息 4 分钟,深蹲和卧推再次分别增加 14~18kg 和 4~9kg,试举 1RM 的重量。若成功,休

息 2~4 分钟,然后深蹲和卧推分别增加重 14~18kg 和 4~9kg,如失败则深蹲减重 7~9kg,卧推减重 2~4kg,直到可用正确的动作完成一次重复,此时记录该重量并记作 1RM 值。

(2) IPF 系数

本研究采用国际力量举重联合会(International Powerlifting Federation, IPF)的威尔克斯系数(Wilks Coefficient)来确定两组受试者的相对力量^[6]。该系数通过举起的重量乘以一个标准化的体重系数来计算,在科学文献中被证实是评估相对强度的有效方法^[7]。计算此值可确定有抗阻训练经验组与无抗阻训练经验组组间相对力量的差异。

(3) 身体成分

身体成分的测试方法是生物电阻抗法,所用仪器的型号为 InBody230 人体成分测试仪。测试前询问受试者身上是否有佩戴金属物品。打开仪器电源开关,开机等待 5 分钟,完成预热准备。在仪器的操作界面中输入受试者身高、体重、性别、出生年月等所需资料。嘱咐受试者脱去鞋袜,必要时脱去外衣,将身上手机及金属物品取下,双脚对准站立在感应区,手心和拇指握在两边把手的正确位置,检查姿势正确后开始测试。测试过程中受试者保持正确姿势,测试结束前不得与受试者讲话,测试结束后将测试电极放归安置孔。

1.2.6 数据的统计与分析

本研究借助 SPSS 26.0 软件,使用 *t* 检验分析方法,对两组受试者的基本信息进行同质性检验,分析两组受试者各项基本信息之间的差异性。对于最大重复次数测试所得的数据,先将两组在不同强度下杠铃深蹲和卧推的重复次数以“平均值 ± 标准差”的形式表现,在此基础上运用“去尾法”保留整数,得出对应的重复次数范围,随后采用两独立样本 *t* 检验对比有抗阻训练经验组和无抗阻训练经验组在不同强度下重复次数,以及在每个强度中杠铃卧推和深蹲的重复次数。当 $P < 0.05$ 时,对比的两组数据之间存在显著性差异,反之则不存在显著性差异。

2 研究结果与分析

2.1 研究结果

2.1.1 有抗阻训练经验组在四个强度下卧推和深蹲的重复次数情况

由表 2 可知,有抗阻训练经验的男性大学生在进

行 65%、75%、85% 和 95% 的卧推时,根据卧推次数 ($\bar{x} \pm s$) 的数值得出最大的重复次数的范围分别为: 19~25 次、13~15 次、5~7 次、2~3 次。

表 2 有抗阻训练经验组在不同强度下的卧推最大重复次数 ($\bar{x} \pm s$)

负荷强度/% 1RM	卧推次数/次	次数范围/次
95	2.60 ± 0.51	2~3
85	6.87 ± 1.04	5~7
75	14.60 ± 1.03	13~15
65	22.33 ± 2.75	19~25

由表 3 可知,有抗阻训练经验的男性大学生在进行 65%、75%、85% 和 95% 的深蹲时,根据深蹲次数 ($\bar{x} \pm s$) 的数值得出最大的重复次数的范围分别为: 22~30 次、12~20 次、6~7 次、2~3 次。

表 3 有抗阻训练经验组在不同强度下的深蹲最大重复次数 ($\bar{x} \pm s$)

负荷强度/% 1RM	深蹲次数/次	次数范围/次
95	2.65 ± 0.49	2~3
85	6.95 ± 0.83	6~7
75	16.60 ± 3.93	12~20
65	26.55 ± 3.66	22~30

2.1.2 无抗阻训练经验组在四个强度下卧推和深蹲的重复次数情况

由表 4 可知,无抗阻训练经验的男性大学生在进行 65%、75%、85% 和 95% 的卧推时,根据卧推次数 ($\bar{x} \pm s$) 的数值得出最大的重复次数的范围分别为: 14~19 次、10~13 次、6~7 次、2~3 次。

表 4 无抗阻训练经验组在不同强度下的卧推最大重复次数 ($\bar{x} \pm s$)

负荷强度/% 1RM	卧推次数/次	次数范围/次
95	2.50 ± 0.52	2~3
85	7.00 ± 0.51	6~7
75	12.00 ± 1.06	10~13
65	16.79 ± 2.29	14~19

由表 5 可知,无抗阻训练经验的男性大学生在进行 65%、75%、85% 和 95% 的深蹲时,根据深蹲次数 ($\bar{x} \pm s$) 的数值得出最大的重复次数的范围分别为: 16~21 次、11~14 次、5~6 次、1~3 次。

表 5 无抗阻训练经验组在不同强度下的深蹲最大重复次数 ($\bar{x} \pm s$)

负荷强度/% 1RM	深蹲次数/次	次数范围/次
95	2.30 ± 0.68	1~3
85	5.70 ± 0.95	5~6
75	13.00 ± 1.49	11~14
65	19.20 ± 2.39	16~21

2.1.3 两组在不同强度下的最大重复次数对比

由表 6 和图 1 可知,在 65% 1RM 和 75% 1RM 强度下,有抗阻训练经验组的最大重复次数明显多于无抗阻训练经验组 ($P < 0.05$)。

表 6 两组在不同强度下的卧推最大重复次数对比 ($\bar{x} \pm s$)

负荷强度 /% 1RM	无抗阻训练经验组次数/次	有抗阻训练经验组次数/次	P 值
95	2.50 ± 0.52	2.60 ± 0.51	0.604
85	7.00 ± 0.51	6.87 ± 1.04	0.735
75	12.00 ± 1.06	14.60 ± 1.03 *	0.010
65	16.79 ± 2.29	22.33 ± 2.75 *	0.000

注:两组比较,*表示 $P < 0.05$,有显著性差异。

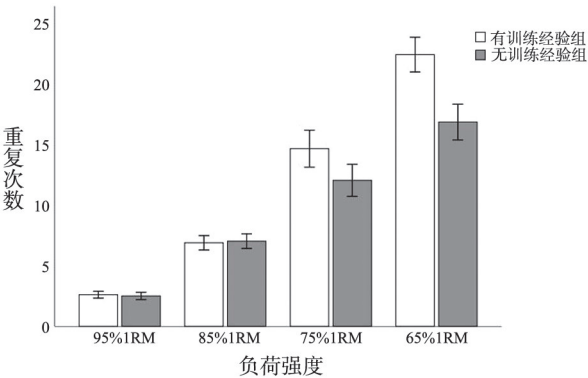


图 1 两组在不同强度下的卧推最大重复次数对比

由表 7 和图 2 可知,在 85%、75% 和 65% 1RM 强度下,有抗阻训练经验组的最大重复次数明显高于无抗阻训练经验组 ($P < 0.05$)。

表 7 两组在不同强度下的深蹲最大重复次数对比 ($\bar{x} \pm s$)

负荷强度 /% 1RM	无抗阻训练经验组次数/次	有抗阻训练经验组次数/次	P 值
95	2.30 ± 0.68	2.65 ± 0.49	0.115
85	5.70 ± 0.95	6.95 ± 0.83 *	0.001
75	13.00 ± 1.49	16.60 ± 3.93 *	0.010
65	19.20 ± 2.39	26.55 ± 3.66 *	0.000

注:两组比较,*表示 $P < 0.05$,有显著性差异。

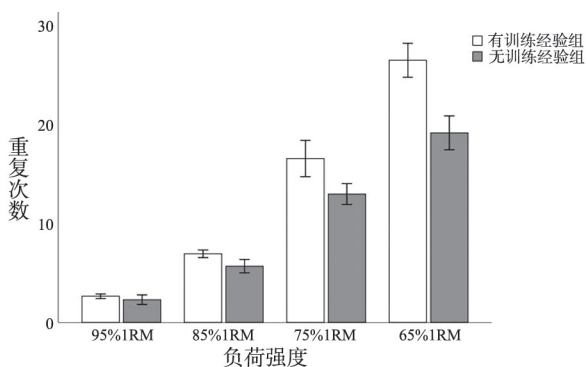


图2 两组在不同强度下的深蹲最大重复次数对比

2.1.4 杠铃卧推和深蹲在不同强度下的最大重复次数对比

由表8和图3可知,当负荷强度为65% 1RM时,有抗阻训练经验组中杠铃深蹲的最大重复次数明显高于杠铃卧推的最大重复次数($P < 0.01$)。

表8 有抗阻训练经验组的卧推与深蹲最大重复次数对比($\bar{x} \pm s$)

负荷强度 /% 1RM	卧推次数 /次	深蹲次数 /次	P 值
95	2.60 ± 0.51	2.65 ± 0.49	0.770
85	6.87 ± 1.06	6.95 ± 0.83	0.795
75	14.60 ± 2.75	16.60 ± 3.93	0.101
65	22.33 ± 2.58	$26.55 \pm 3.66 *$	0.001

注:组内比较,*表示 $P < 0.05$,有显著性差异。

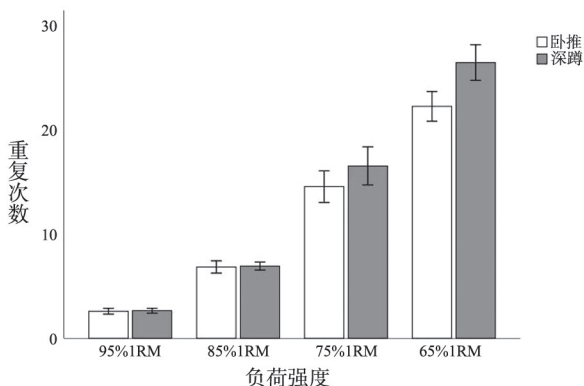


图3 有抗阻训练经验组的卧推与深蹲最大重复次数对比

由表9和图4可知,无抗阻训练经验组中,当负荷强度为85% 1RM和65% 1RM时,杠铃深蹲最大重复次数和杠铃卧推最大重复次数有显著性差异($P < 0.05$),其中85% 1RM强度时卧推次数大于深蹲,65% 1RM强度时深蹲次数大于卧推。

表9 无抗阻训练经验组的卧推与深蹲最大重复次数对比($\bar{x} \pm s$)

负荷强度 /% 1RM	卧推次数 /次	深蹲次数 /次	P 值
95	2.50 ± 0.52	2.30 ± 0.68	0.420
85	$7.00 \pm 1.04 *$	5.70 ± 0.95	0.005
75	12.00 ± 2.29	13.00 ± 1.49	0.240
65	16.79 ± 2.55	$19.20 \pm 2.39 *$	0.028

注:组内比较,*表示 $P < 0.05$,有显著性差异。

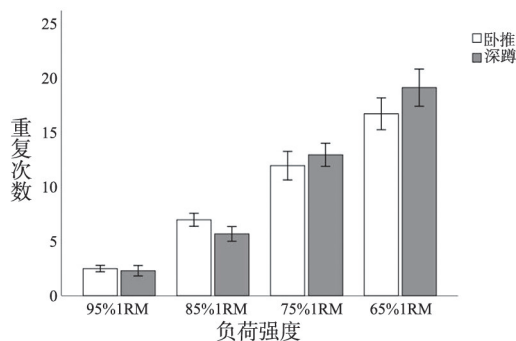


图4 无抗阻训练经验组的卧推与深蹲最大重复次数对比

综上所述,本研究的结果是:(1)有抗阻训练经验的男性大学生在进行65%、75%、85%和95%的抗阻练习时,卧推最大重复次数的范围分别为:19~25次、13~15次、5~7次、2~3次,深蹲最大重复次数范围分别为:22~30次、12~20次、6~7次、2~3次。(2)无抗阻训练经验的男性大学生在进行65%、75%、85%和95%的抗阻练习时,卧推最大重复次数的范围分别为:14~19次、10~13次、6~7次、2~3次,深蹲最大重复次数范围分别为:16~21次、11~14次、5~6次、1~2次。(3)有抗阻训练经验组在65% 1RM和75% 1RM强度下卧推的最大重复次数明显更多,在85%、75%和65% 1RM强度下深蹲最大重复次数明显更多。(4)有抗阻训练经验组在负荷强度为65% 1RM中杠铃深蹲的最大重复次数明显比杠铃卧推更多;无抗阻训练经验组中,当负荷强度为85% 1RM时卧推次数大于深蹲,65% 1RM时深蹲次数大于卧推。

2.2 讨论与分析

2.2.1 杠铃深蹲与杠铃卧推两个练习之间次数差异的原因分析

在Hamid等人的研究中,让有训练经验组与无训练经验组在95% 1RM、85% 1RM和75% 1RM三个负荷强度下进行力竭次数测试。结果显示两组均只

有在95%强度下,深蹲与卧推两个测试项目之间的重复次数才无显著差异,在85%和75%1RM强度下则呈现显著差异^[8]。而本研究的结果与Hamid等人的研究结果明显不同:有训练经验组在95%1RM、85%1RM和75%1RM三个负荷强度下深蹲与卧推之间均不存在显著的重复次数差异,无训练经验组只有在负荷强度为95%1RM和75%1RM时才不存在显著的差异。关于深蹲与卧推次数之间的对比,Shimano等人的研究报告中提到,在有抗阻训练经验组和无抗阻训练经验组中,深蹲的最大重复次数比卧推的次数多,并且与卧推相比,深蹲在90%1RM时能完成更多的重复次数^[9],这与本研究的结果明显不同。本研究没有测试受试者在90%1RM强度下的最大重复次数,但发现在95%1RM强度下两组受试者的重复次数没有显著差异。从以往的其他研究来看,似乎有抗阻训练经验组与无抗阻训练经验组在高负荷强度下所有练习中的重复次数都没有显著差异,这与本研究结果较为相符。类似的发现在使用固定器械的抗阻练习的研究中也有提及。例如,Hoeger等人发现,受试者进行器械卧蹬练习会比其他练习完成更多的重复次数,包括坐姿器械下拉和器械卧推这样的上肢肌群练习,以及器械腿弯举和腿屈伸这样的单关节练习。另外该研究还发现有抗阻训练经验组和无抗阻训练经验组的男性在40%、60%和80%时肱二头肌弯举和腿屈伸练习的最大重复次数也存在着显著差异,并且得出结论:自由重量练习中可以进行的重复次数取决于主动肌的数量和肌群的大小^[10]。虽然这些测试内容和负荷强度都不是本研究所采用的,但是通过观察该研究结果中强度的高低对次数的影响,也能发现其与本研究的结果存在着相似点与差异处。以上这几个研究的观点一致认为负荷强度对身体产生的刺激取决于运动形式,并认为根据1RM百分比来确定负荷强度时,应该考虑运动中动用的肌群数量。

造成上述卧推与深蹲之间次数差异的原因,很有可能是参与肌群的大小与肌纤维数量的差异。当一项抗阻练习涉及到更多的肌群时,最大重复次数就会增加。在95%1RM强度下,杠铃深蹲要比杠铃卧推有更加良好的生物力学机制来完成更多的重复次数^[11]。例如:(1)在深蹲运动时,髋关节和膝关节主导下肢运动,且足部与踝关节的参与也有助于增加练习时的稳定性。相比之下,杠铃卧推中参与活动的上肢关节都不如下肢的关节强壮,在动作的支撑阶段可能会有更多的力量损耗。(2)深蹲过程中涉及到的

肌群数量较多,不仅是下肢的肌肉,人体躯干的肌群在动作过程中也会参与,即更多的运动单位得以募集,以延缓局部疲劳的产生。(3)两个练习动用到的主动肌肌群强壮程度不同。臀大肌与股四头肌是人体最强壮的两块肌肉,它们收缩产生的力量要远大于胸大肌、三角肌与肱三头肌,这可能也是深蹲在相同强度下重复次数大于卧推的原因之一。(4)从动作的类型来看,深蹲是闭链动作而卧推是开链动作,并且深蹲时杠铃接触身体的面积更大,不仅是上背部和肩部参与背杠,双手也会辅助参与稳定杠铃的工作。相比需要靠双侧肩带和双臂肌群主动参与稳定杠铃的卧推而言^[12],深蹲练习中受试者对重量的控制会更加稳定。(5)本研究关于无抗阻训练经验组在85%1RM时卧推最大重复次数多于深蹲的结果分析:造成该结果的原因可能与该组受试者相对缺乏抗阻训练经验有关。特别是在大强度下,深蹲练习相较于卧推练习的动作具备更大的难度,也需要更强的身体协调能力。在大强度下无抗阻训练经验的受试者对于深蹲中的发力次序、使用发力及呼吸技巧上的熟练度都不足,因此造成85%1RM强度下卧推次数高于深蹲的情况。

2.2.2 有抗阻训练经验与无抗阻训练经验男性大学生重复次数差异分析

Shimano等人在其2006年的研究中指出,虽然每个强度中两组无显著差异,但有抗阻训练经验组的受试者似乎可以在非常高强度(85%和95%1RM)的深蹲测试中进行更多的重复。而在进行90%1RM强度的杠铃深蹲时,也存在无抗阻训练经验的受试者比有抗阻训练经验受试者完成更多重复次数的情况^[11],这与本研究的实验结果完全不同,本研究的结果呈现出两组在95%强度下重复次数不存在区别。此外,Hoeger等人的研究则表示在40%、60%、80%这三个强度中有抗阻训练经验组与无抗阻训练经验组最大重复次数存在差异^[10],这与本研究的结果较为接近。

有抗阻训练经验组与无抗阻训练经验组在相同负荷强度下最大重复次数的差异,从运动生理学中神经肌肉系统、供能系统和动作学习的角度进行分析,可能由以下原因造成:(1)肌纤维类型的不同。不同类型的肌纤维抗疲劳能力不同,慢肌纤维的抗疲劳能力会强于快肌纤维。当肌肉进行一次力竭收缩时,肌肉激活并传入中枢神经的信号会尽量接近完成最大重量时的刺激强度,以防止肌肉疲劳程度的加剧,从而降低运动损伤的发生概率^[13],即运动的类型和强

度会决定募集何种肌肉纤维类型。开始进行抗阻训练时,人体内的 I 型肌肉纤维先被募集,当负荷强度增加时,II 型肌肉纤维再开始募集,这样的募集形式造成了在抗阻训练过程中负荷强度接近 1RM 时,I 型和 II 型肌肉会被同时募集的状况^[14]。因此有抗阻训练经验的受试者和无抗阻训练的受试者在 95% 1RM 强度下肌纤维的募集情况可能无明显差异,这可能也是两组在 95% 强度下重复次数并无显著差异的原因。另外,由于 I 型肌肉运动过程中相比 II 型肌肉纤维更加依赖氧,当负荷接近 1RM 时,可能会造成短暂的局部性缺氧,而在短时最大强度训练中,II 型肌肉纤维比 I 型肌肉纤维产生更为明显的代谢应激反应^[15]。因此,无论有无抗阻训练经验,身体对接近极限强度刺激的反应都是相似的,这可能也是大负荷强度(95% 1RM)下,两组最大重复次数并无显著差异的另外一个原因。虽然一般认为抗阻练习属于无氧运动,而决定无氧代谢水平的一些酶的活性则在快肌纤维中更加突出,但在低强度的杠铃深蹲与卧推练习中,慢肌纤维首先被动员,到达力竭前须经历有氧代谢的过程。有抗阻训练经验的受试者可能由于慢肌纤维与快肌纤维都较无抗阻训练经验受试者更粗大,因此具备了更强的耐受力,从而在低强度杠铃深蹲和卧推中重复更多次数。(2)运动中物质代谢与能量供应能力的差异。训练水平对能量代谢的影响主要表现在两个方面:一方面是能量利用的节省化,动用同一供能系统的能力高,有抗阻训练经验的受试者进行抗阻练习至力竭时,持续的时间更长、能量利用率更高;另一方面是体内能源物质的储量更多并且动用更快,肌肉中磷酸肌酸含量和肌糖原含量等较高,进行极限次数的运动时机体供能的持续时间也会更长^[16]。有抗阻训练经验组可能正是由于总供能储备更充足且能量利用效率更高,因此无论是杠铃深蹲还是卧推,有抗阻训练经验组在中低负荷强度下进行运动至力竭的时间更长,从而完成了更多的重复次数。(3)力量素质的生理学基础。首先,有抗阻训练经验组的肌纤维横截面积可能大于无抗阻训练经验组,肌肉力量与肌肉横截面积相关;其次,有抗阻训练经验组的肌肉收缩速度也可能快于无抗阻训练经验组,在进行最大努力程度测试时,肌肉收缩效率会高于无抗阻训练经验组;最后,神经系统的机能状态也会对此有所影响,有抗阻训练经验的个体相比无抗阻训练经验个体来说,协调各肌群活动、调动中枢兴奋度以及增加肌肉同步兴奋的能力更强,因此理论上来说可以

在同等强度下完成更多重复次数。(4)机体进入疲劳状态的机制。早在 20 世纪 60 年代就有学者研究发现,运动时磷酸肌酸含量的下降程度与运动强度有关,强度越大,磷酸肌酸含量下降的幅度越大。无论有无抗阻训练经验,在极限强度的杠铃深蹲和卧推中重复至力竭时,磷酸肌酸的浓度都会接近零,这种变化还会造成神经细胞的兴奋性降低^[17]。另外,有学者认为疲劳的产生是由运动中产生的代谢产物在肌肉组织中大量堆积而造成。本研究中有抗阻训练经验组耐受乳酸的能力可能高于无抗阻训练经验组,因此在小强度高重复次数的测试中坚持完成了更多的重复次数。(5)神经肌肉控制能力的差异。在深蹲时收紧颈背部肌肉可以帮助身体后侧链更加稳定,卧推时保持肩胛骨下回旋状态能帮助肩部更加稳定避免做动作时身体产生多余晃动。与此同时,人体骨骼肌中的腱梭很敏感,即便是单根肌纤维的收缩都有可能对其产生刺激,当腱梭受到足够阈值的刺激时会抑制主动肌的收缩,并同时刺激拮抗肌进行收缩。经历过有抗阻训练经验的个体,其腱梭对于肌肉的抑制作用将减弱,发力的速率和产生的力量会比无抗阻训练经验的个体更大^[18]。(6)运动技能学习与控制阶段的不同。运动动力定型越巩固,就越能轻松自如地完成动作。有抗阻训练经验组相较于无抗阻训练经验组,对于杠铃深蹲和杠铃卧推这两项练习有着较为巩固的动力定型,因此在进行动作时可以有更高的动作效率以及较少的多余代偿动作。65% 1RM 强度下进行的重复次数较多且用时较长,当受试者开始进行深蹲与卧推一段时间后,动力定型巩固程度的高低会影响动作的经济性。有抗阻训练经验组由于动力定型相对巩固,因此在低负荷强度下动作的重复具有更好的经济性,可重复更多的次数。

此外,从运动生物力学角度来分析,不同的动作技术也会对杠铃的移动过程产生影响^[18]。主要体现在如下几点:(1)身体姿势与关节角度的不同。例如,杠铃深蹲中的高杠位与低杠位的背杠动作,会直接造成身体姿势位置以及髋、膝关节角度的差异,以及阻力臂长短的差异,这样的差异会因为各关节所产生的肌肉力矩不同而影响肌力的发挥。(2)肢体位移的距离。柔韧性好的个体可以采用更大的脊柱后伸幅度来进行卧推。当其肩胛处于下回旋伴随后缩的稳定状态时,杠铃杆上下移动的距离会更短,稳定的动作将有利于产生更快的向心速度和更节省地消耗能量;深蹲时的站距宽窄也是同样的道理,宽站距

的深蹲能使杠铃上下移动的行程更短、做功更少,更易以较快的平均向心速度进行运动,但并不是每个人的髋关节结构都适合进行宽站距的深蹲。(3) 身体各环节的相互配合水平高低。卧推练习中,习惯利用腿部驱动配合肩部稳定的技术,相比单纯靠上肢力量推起杠铃更有利于产生更大的推力,同时产生更快的向心速度。合理且熟练地运用瓦氏呼吸也会使深蹲运动过程中的躯干更加稳定^[19],从而让动作过程中的发力更加集中在重心位置,减少无用做功。(4) 骨骼肌生物力学。有抗阻训练经验组完成动作过程中肌肉功率更高,即肌肉的化学能转化为机械能的速度更快。另外,由于该研究要求受试者以最快的向心速度完成动作,有抗阻训练经验的受试者更熟练于利用牵张反射以及肌肉本身的弹性势能来提高动作重复效率。(5) 抗阻训练经验带来的生物力学优势,主要体现在稳定性和动态力的变化速率差异。有抗阻训练经验的个体往往在自由重量的抗阻练习中表现出更高的稳定性,在此前提下能更快、更有效率地产生力。例如,即便无抗阻训练经验者可以完成全幅度深蹲和卧推,但是可能在深蹲时整个背部的主动紧张程度和下肢蹬地时主动产生扭矩的意识,以及卧推时对肩胛骨位置的判断与控制都不如有抗阻训练经验者熟练,因此进行负重动作时稳定性不佳。

本研究虽然对受试者的身高、体重等基本信息进行了采集,但没有对受试者的肢体长度进行测量。无可置疑的是,个体肢体长度会对其深蹲和卧推的表现造成影响。不考虑其他因素,进行单次卧推时上肢长度越长,杠铃位移的距离就越长,需要做的功就越多;在单次深蹲中,下肢长度越长则需要的做功越多。另外,不一样的握距和站距、不同的技术动作也会导致做功距离的差异^[20],而这些因素目前来看,比较难以统一。不同的股骨旋转角、股骨颈与髋臼角度或是髋臼深度差异亦可能造成动作完成难易度上的差异。抗阻练习中离心阶段的技术也可能存在个体差异,有些人习惯以较向心阶段更慢的速度进行离心收缩,而有些人则熟练于利用牵张反射产生额外的力来帮助进行向心阶段的收缩。本研究的目的是希望每个受试者能在安全范围内发挥他们最大的努力直至动作力竭,并探讨抗阻训练的训练适应程度对抗阻训练的影响。因此本研究仅对受试者在杠铃深蹲和卧推测试时的动作幅度规定了标准,而非动作技术。

最后,本研究结果的成因还存在着另一种可能性,便是由于个体体能水平的差异,相同的热身方案

可能会对不同的受试者造成不一样的刺激。同样的热身内容,虽然一定程度上保证了研究效度,但是也可能使体能水平不佳的个体预先疲劳,从而在测试中完成更少的重复次数。

2.2.3 研究结果对于训练实践的指导意义

杠铃深蹲与杠铃卧推是非常经典的抗阻训练手段,能非常有效地提升上下肢的力量及躯干核心区的稳定。在对男性大学生的训练或教学过程中,或是制定抗阻训练计划及运动处方时,应充分考虑有无抗阻训练经验的差异,有针对性地选择这两个练习的负荷强度与次数。对于高校体育工作者而言,在抗阻训练课中进行 85%、75% 和 65% 1RM 强度的杠铃深蹲以及 75% 和 65% 1RM 强度的杠铃卧推练习时,必须清楚无抗阻训练经验的男性大学生所能达到的最大训练容量会明显地小于有抗阻训练经验的男性大学生,因此在安排每组练习的重复次数时,对于那些无抗阻训练经验的男性大学生应更加保守,这样才能更好地保证训练质量以及降低因疲劳而产生的运动损伤风险。同时在 85% 和 65% 1RM 的强度下,无抗阻训练经验的男性大学生的杠铃深蹲与卧推的最大重复次数亦存在明显差异的可能。有的学生的深蹲相比卧推可完成更多的次数,而有的学生恰好相反,这可能跟缺乏抗阻训练经验有关系。因此,除了需要做好抗阻训练动作教学以外,在次数的选择上也应注重个体间的差异性。而对于有抗阻训练经验的男性大学生而言,65% 1RM 强度下杠铃卧推所能完成的最大训练容量也是明显小于杠铃深蹲的,因此不应以深蹲的训练量为标准来安排卧推训练的强度和重复次数。

本研究结果中呈现的次数范围可为男性大学生在抗阻训练过程中安排每组的重复次数提供参考:(1) 有抗阻训练经验的男性大学生在进行 65%、75%、85% 和 95% 的卧推时,最大的重复次数分别不超过 25 次、15 次、7 次、3 次;而深蹲练习中则分别不超过 30 次、20 次、7 次、3 次。(2) 无抗阻训练经验的男性大学生在进行 65%、75%、85% 和 95% 的卧推时,最大的重复次数分别不超过 19 次、13 次、7 次、3 次;深蹲练习中分别不超过 21 次、14 次、6 次、2 次。

3 结论与建议

3.1 结论

(1) 抗阻训练经验是影响最大重复次数的重要因素。

(2)有抗阻训练经验的男性大学生在进行中低强度的杠铃深蹲和卧推时可完成更多的次数。

(3)相同负荷强度下,杠铃深蹲和卧推这两个练习之间的最大重复次数存在差异。

3.2 建议

3.2.1 对于训练实践的建议

在实际训练过程中,即便是两个有抗阻训练经验的个体之间也存在着训练水平的高低、运动习惯的不同或是身体条件不同等差异。因此,根据该研究结论提出如下建议:

(1)在明确最大训练容量的情况下,高校体育工作者须关注到每一个学生,清楚地认识到抗阻训练经验对男性大学生在抗阻练习中的重复次数产生的影响。

(2)训练实践中,将每组的重复次数控制在最大训练容量以内的基础上,进一步探究每一个男性大学生训练者的适宜训练负荷,真正做到因材施教。

3.2.2 对后续研究的建议

(1)该研究仅针对男性大学生群体,应考虑对于女性、青少年儿童和老年人等群体的研究。

(2)在测试过程中的疲劳监控方面,可引入基于速度的训练和生理生化检测等相关手段。

(3)可针对不同的抗阻训练技术动作的重复次数进行细化研究。

参考文献

- [1]陈芳芳,梅学艳.大学生体质健康状况审视与优化路径[J].渭南师范学院学报,2021,36(8):68-74.
- [2]GARCÍA-RAMOS A,HAFF GG,PADIAL P,et al. Optimal load for maximizing upper-body power: Test-retest reproducibility[J]. Isokinetics and Exercise Science,2016,24(2):115-124.
- [3]FOLLAND J,MORRIS B. Variable-cam resistance training machines; Do they match the angle - torque relationship in humans? [J]. J Sports Sci,2008,26(2):163-169.
- [4]谢永民,周爱国.爆发力训练中抓举的适宜重量研究[J].北京体育大学学报,2017,40(6):99-104.
- [5]HACKETT DA,JOHNSON NA,HALAKI M,et al. A novel scale to assess resistance-exercise effort [J]. J Sports Sci,2012,30(13):1405-1413.
- [6]P M VANDERBURGH,A M BATTERHAM. Validation of the Wilks powerlifting formula [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1999,31(12):1869-1875.
- [7]FERLAND P M,ALLARD M O,COMTOIS A S. Efficiency of the wilks and IPF formulas at comparing maximal strength regardless of bodyweight through analysis of the open powerlifting database[J]. International Journal of Exercise Science,2020,13(4):567-582.
- [8]ARAZI H,ASADI A. The relationship between the selected percentages of one repetition maximum and the number of repetitions in trained and untrained males [J]. Facta Universitatis; Series. Physical Education and Sport,2011,9(1):25-33.
- [9]SHIMANO T,KRAEMER W J,SPIERING B A,et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men [J]. Journal of Strength & Conditioning Research,2006,20(4):819-823.
- [10]HOEGER W W K,HOPKINS D R,BARETTE S L,et al. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females [J]. Journal of Strength & Conditioning Research,1990,4(2):47-54.
- [11]万德光,万猛.现代力量训练[M].北京:人民体育出版社,2003.
- [12]杨笛.不同开闭链运动中肩胛带肌群激活模式的研究[D].北京:北京体育大学,2019.
- [13]王瑞元,苏全生.运动生理学[M].北京:人民体育出版社,2012.
- [14]华明,王步标.人类骨骼肌纤维类型的分布规律——兼谈训练能否引起肌纤维类型的转变[J].体育科技资料,1980(20):6-11.
- [15]王晓磊,田东,邹一德,等.抗阻训练与疲劳[J].体育科技文献通报,2017,25(3):57-59+129.
- [16]邓树勋,王健.高级运动生理学——理论与应用[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [17]郭霞.肌肉骨骼系统基础生物力学(第3版)[M].北京:人民卫生出版社,2008.
- [18]金季春.人体基本运动的生物力学分析[M].北京:北京体育大学出版社,2010:102-168.
- [19]赵丙军,司虎克.国内外力量训练研究进展[J].当代体育科技,2013,3(6):33-35.
- [20]SCHOENFELD B J. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance [J]. Journal of Strength and Conditioning Research,2010,24(12):3497-3506.

[责任编辑 江国平]