

健身反向走练习对青年人下肢动作特征的影响

许岳¹,高原²

(1. 北京体育大学运动康复系,北京 100084;2. 燕山大学体育学院,河北 秦皇岛 066004)

摘要:为了探究反向走练习对青年人下肢动作特征的影响,选取受试者25名,分为熟练组(P组)和非熟练组,对后者的练习前组(IB组)进行6周反向走训练,完成训练后为练习后组(IA组)。记录并分析受试者的反向走动作特征参数,运用配对与独立样本 t 检验比较各组间动作特征指标的差异。结果表明:与P组相比,反向走时IB组步长、跨步长较大,步频较低,但整体步速较快;髋关节后伸不足,膝关节折叠过大,且躯干的回旋无规律性特征;竖脊肌工作不足,股二头肌激活进行屈膝代偿。6周反向走练习后,IA组下肢运动特征以及步态周期均产生了合理化改变,肌肉工作方式与熟练组更加接近,表明已初步建立了反向走动作模式,建议青年人应经常进行反向走练习。

关键词:反向走;动作特征;关节角度;表面肌电

中图分类号:G806

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2016)06-0049-11

Effect of Backward Walk Training on the Characteristics of Lower Limb Movement of Young People

XU Yue¹, GAO Yuan²

(1. Department of Sport Rehabilitation, Beijing Sport University, Beijing 100084, China;

2. College of P. E., Yanshan University, Qinghuangdao 066004, China)

Abstract: This study intends to discover the effect of backward walking training on the characteristics of lower limb movement of young people. 25 subjects were divided into professional group (group P) and unprofessional group. The Before Intervention Group (group IB) of latter was trained by backward walking for 6 weeks, and after the training group was named the After Intervention Group (group IA). Recording and analyzing the reverse motion characteristic parameters of the subjects, using the paired and independent samples t test to compare the differences of the action characteristic indexes between the groups. Compared with group P, group IB's step length and stride length is larger, frequency is lower, but the overall pace is faster; hip extension is lack and knee fold is too large, there is no regular feature in trunk swing; lack of erector spine working, the biceps femoris muscle is activated to compensate of knee flexion. After the backward walk training of 6 weeks, group IA's lower extremity motor characteristics and gait cycle had reasonable change, muscle working is closer with the professional group that has indicate that the action mode of backward walking is establish preliminary, suggesting that young people should always train by backward walking.

Key words: backward walking; movement characteristics; joint angle; Surface Electromyography

随着“开展全民健身,达到全民健康,实现全民小康”这一基本国策逐步深入人心,广大民众越来越清楚地认识到体育锻炼的重要性,积极参与体育锻炼正在逐渐成为民众日常生活的重要内容。在日常生活和健身活动中,健步走是目前最为流行的健身方式之一,由于没有场地、装备等苛刻条件的限制,健身走运动变得越来越受欢迎。

直立行走是人体所具备的最基本能力,这种看似

简单的行为,实际上涉及到神经系统、人体动力学和外部环境等各方面。正常健康人行走时,不需要有意识地思考,成熟的动力定型严格地控制着足、踝、膝、髌、躯干、颈、肩、臂的肌肉和关节的运动,使其有序地协调统一。根据行走方向的不同,可分为正向走、反向走和侧向走。其中,反向走是在正向走的基础上人体运动的一种自然形式,它属于一种新颖的、非常规的反序运动。

收稿日期:2016-10-05

基金项目:北京体育大学自主科研课题(2012ZD006)

第一作者简介:许岳(1991—),男,北京市人,在读硕士。研究方向:体育保健与运动康复。通信作者:高原(1978—),男,黑龙江大庆人,讲师,博士。研究方向:运动解剖学。

国外学者自上世纪 80 年代就开始对反向走进行研究,但主要集中在探讨其健身作用方面。众多研究发现:与正向走相比,反向走运动消耗的能量更高,对心肺功能刺激更大,更有助于提高心肺适能^[1,2];可明显提高中老年人的平衡能力,增加机体的稳定性;增强本体感觉、增加肌肉力量、减少关节负荷^[3-6]。也正是由于反向走运动具有这些健身和康复价值,越来越多的人选择反向走运动作为健身手段。

在我国,健步走的相关研究主要集中于正向走,虽然反向走运动的实践已经展开,但尚缺少理论系统研究,锻炼时亦缺少科学性指导。因此,本研究选择普通青年人,研究反向走练习前后反向走步态时空参数、下肢各关节角度以及下肢主要肌肉的激活时序等变化特点,并与反向走健身爱好者相应数据进行比较,探讨反向走运动下肢的动作特征,以期为反向走运动能够更好地成为大众健身的有效手段提供理论和实践依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究共招募在校普通男性大学生 25 人,共分 2 大组(表 1)。第一组为无反向走锻炼经历的普通大学生,即非熟练组,18 人。本文对该组受试对象进行了为期 6 周的反向走练习,故该组又分为练习前组(Intervention Before Group,简称 IB 组)和练习后组(Intervention after Group,简称 IA 组)。第二组为熟练组(Professional Group,简称 P 组),7 人,该组入选标准为:年龄与非熟练组相当;反向走锻炼 1 年以上,每周锻炼时间超过 2 h;对反向走有一定的了解;通过身体协调程度、注意力集中程度、回头的次数、步幅和步频特征、摆臂的姿势等外在表现进行综合判断。所有受试者均身体健康,无创伤和疾病,且都理解本实验的意图和可能风险,自愿参与实验测试并签署知情同意书。

表 1 受试者基本情况一览表

组别	性别	人数	年龄/a	身高/cm	体重/kg	坐高/cm
反向走熟练组	男	7	26.14 ± 3.49	172.43 ± 6.89	68.24 ± 7.54	92.76 ± 3.13
反向走非熟练组	男	18	22.78 ± 0.55	179.38 ± 5.40	73.26 ± 9.20	96.62 ± 3.00

1.2 研究方法

1.2.1 反向走练习方案

练习原则:1)安全第一,反向走是一种方向相反、不习惯、不能直接前行的运动,容易摔倒,必须把安全摆在第一位。2)循序渐进,由少到多,由近到远,由慢到快,由易到难。

训练方案:整个实验练习时间为 6 周,每周 4 次,每次 60 min。每次练习均由准备、基本和整理三部分组成。其中,准备部分包括慢跑、活动关节和拉伸;整理部分包括放松练习和游戏;基本部分进行反向走练习。具体练习方案详见表 2,整个练习过程都是在专业人员带领和指导下进行。

表 2 反向走整体练习方案

阶段划分	任务	周期和次数	训练时间	间歇时间/min
学习适应期	基本上掌握了反向走的动作要领和基本要求。	2 周 × 4 次 = 8 次	10 min × 2 次 = 20 min	2
练习期	在掌握反向走基本要求基础上,通过增加练习时间达到练习量。	2 周 × 4 次 = 8 次	12.5 min × 2 次 = 25 min	2
强化练习期	增加练习时间与速度来提高干预的量和强度。	2 周 × 4 次 = 8 次	15 min × 2 次 = 30 min	2

1.2.2 测试方法

采用芬兰产 Newtest 红外测速仪测试受试者反向走的最大速度。测速仪的两个支架摆放距离测试路线约 2 m 之内,支架间距为 3 m。采用美国产 Motion

analysis 红外光点高速运动捕捉系统采集运动学数据,采集频率 200 Hz,选取海耶斯模型,受试者体表共固定 33 个红外反光标志点。采用芬兰产 MegaWin6000 16 导表面肌电仪同步采集肌电数据。

测试肌肉包括竖脊肌、腹直肌、腹外斜肌、臀中肌、臀大肌、股二头肌、股直肌、股内侧肌、股外侧肌、胫骨前肌、腓肠肌内和外侧头及腓骨长肌。

测试前受试者换上统一泳装和运动鞋,测试人员指导受试者计算步点。所有测试人员听从统一指令,听到开始后,受试者以最大速度的 75 % 自然反向行走,且统一右脚先落地,每名受试者测定 3 次有效数据,每次测试间隔 10 s。

1.2.3 数据分析

根据美国 Perry 医生提出的 RLA 方法^[7],并结合本研究的实际需要划分步态周期。以右侧足为例,将反向走的步态周期定义为 7 个特征时刻点,分别为足趾着地、足放平、站立中期、足趾离地、足跟离地、迈步初期和足趾着地,并以 7 个特征时刻点为依据,划分为足着地期、支撑中期、推离期、加速期、摆动前期和摆动后期 6 个阶段。计算各时期占步态周期的百分比和步态时空参数,并进行组间比较。

运用 Motion 自带采集及处理软件 Cortex 对运动学数据进行处理。对采集得到的标志点进行标识,通过各标识点计算相应环节中心坐标,再用建立环节坐标系方法求解三维角度。

表面肌电信号在 MegaWin 软件中进行整流积分处理得到积分肌电后以 ASCII 文件形式输出。通过 Excel 软件计算出每块肌电振幅的峰值,根据其大于肌肉肌电峰值 15 % 且持续时间≥5 % 动作总时间判

断出肌肉开始动员的时刻和结束时刻,由此获得肌肉的动员时间和肌肉持续工作时间。用肌肉的动员时间除以动作总时间,得出肌肉动员时间百分比;肌肉持续工作时间除以动作总时间,得出肌肉持续工作时间百分比。

1.2.4 数据统计与分析

用 SPSS 19.0 软件进行数据统计,对受试者练习前、后的动作特征指标运用配对样本 *t* 检验进行差异性分析;对受试者组间动作特征的指标运用独立样本 *t* 检验进行差异性分析。显著性水平定为 $P < 0.05$,非常显著性水平定为 $P < 0.01$ 。

2 结果与分析

2.1 反向走练习前后下肢动作运动学特征的比较

2.1.1 反向走步态参数的比较

2.1.1.1 步态周期各阶段时间百分比

反向走的步态周期分为足着地期、支撑中期和推离期等 6 个阶段。各组左足的比较结果为:与熟练组(P 组)相比,对于没有反向走锻炼经历的非熟练组,练习前 IB 组的加速期与摆动前期占步态周期百分比较大($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),而支撑中期与摆动后期显著减小($P < 0.05$)(表 3),即 IB 组的支撑时间较 P 组短,而摆动时间较 P 组长。

表 3 反向走动作中 IB 组、IA 组和 P 组左足各阶段时间百分比

指标	IB 组		IA 组		P 组	
	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$
足着地期	18	0.16 ± 0.02	18	0.15 ± 0.02	7	0.16 ± 0.01
支撑中期	18	0.19 ± 0.02	18	0.21 ± 0.03 *	7	0.22 ± 0.04 #
推离期	18	0.17 ± 0.05	18	0.18 ± 0.04	7	0.19 ± 0.06
加速期	18	0.13 ± 0.06	18	0.11 ± 0.06	7	0.08 ± 0.05 #
摆动前期	18	0.29 ± 0.03	18	0.25 ± 0.03 * *	7	0.25 ± 0.03 #
摆动后期	18	0.07 ± 0.02	18	0.10 ± 0.04 * *	7	0.11 ± 0.03 ##

注: * 为练习后组与练习前组的比较, * 表示 $P < 0.05$, * * 表示 $P < 0.01$; # 为熟练组与练习前组的比较, # 表示 $P < 0.05$, ## 表示 $P < 0.01$ 。

但是经过 6 周的练习后,与 IB 组相比,IA 组支撑中期显著延长,摆动前期显著变短而摆动后期显著变长($P < 0.05$ 或 0.01);同时,该组所有 6 个时期的

时间百分比参数与 P 组均无显著性差异($P > 0.05$)。

IB 组右足的各时期的时间百分比分布规律与左足相似,但其中仅有摆动前期与 P 组之间存在显著

性差异($P < 0.05$)。经过 6 周练习后,IA 组仍然表现为摆动前期的时间百分比显著长于 P 组($P < 0.05$);而与 IB 组相比,IA 组的足着地期显著缩短,支撑中期显著延长($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)(表 4)。

表 4 反向走动作中 IB 组、IA 组和 P 组右足各阶段时间百分比

指标	IB 组		IA 组		P 组	
	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$
足着地期	18	0.16 ± 0.02	18	0.13 ± 0.04 *	7	0.16 ± 0.02
支撑中期	18	0.20 ± 0.03	18	0.23 ± 0.03 * *	7	0.22 ± 0.04
推离期	18	0.17 ± 0.05	18	0.19 ± 0.05	7	0.19 ± 0.06
加速期	18	0.11 ± 0.07	18	0.08 ± 0.05	7	0.07 ± 0.05
摆动前期	18	0.28 ± 0.03	18	0.27 ± 0.04	7	0.25 ± 0.03 ^{#&}
摆动后期	18	0.09 ± 0.02	18	0.10 ± 0.03	7	0.11 ± 0.03

注: * 为练习后组与练习前组的比较, * 表示 $P < 0.05$, * * 表示 $P < 0.01$; # 为熟练组与练习前组的比较, # 表示 $P < 0.05$; & 为熟练组与练习后组的比较, & 表示 $P < 0.05$ 。

2.1.1.2 步态周期时空参数

与熟练组 P 组相比,非熟练组的 IB 组和 IA 组在支撑相、摆动相和步态周期的时间等指标与 P 组相近,步态周期距离大于 P 组,但无显著性差异($P > 0.05$);IB 和 IA 组的左、右足步长、跨步长和步速显

著大于 P 组,而步频显著小于 P 组($P < 0.05$)。另一方面,6 周练习前后 IB 组与 IA 组之间,所有步态时空参数指标均非常相似,两组之间无显著性差异($P > 0.05$)(表 5)。

表 5 反向走动作中 IB 组、IA 组和 P 组步态时空参数的比较(M ± SD)

指标		IB 组	IA 组	P 组
支撑相时间/s	左	0.61 ± 0.06	0.64 ± 0.06	0.58 ± 0.07
	右	0.61 ± 0.07	0.60 ± 0.05	0.59 ± 0.08
摆动相时间/s	左	0.35 ± 0.04	0.35 ± 0.05	0.34 ± 0.05
	右	0.35 ± 0.05	0.35 ± 0.02	0.34 ± 0.05
步态周期时间/s		0.96 ± 0.10	0.95 ± 0.06	0.92 ± 0.11
步态周期距离/m		1.43 ± 0.10	1.44 ± 0.15	1.27 ± 0.12
步长/m	左	0.52 ± 0.05	0.52 ± 0.07	0.46 ± 0.06 ^{#&}
	右	0.52 ± 0.06	0.53 ± 0.06	0.46 ± 0.05 ^{#&}
跨步长/m		1.04 ± 0.10	1.05 ± 0.11	0.92 ± 0.10 ^{#&}
步速/(m · s ⁻¹)		1.50 ± 0.12	1.52 ± 0.11	1.38 ± 0.158 ^{#&}
步频(步/min)		173.98 ± 17.95	174.64 ± 13.57	192.92 ± 47.63 ^{#&}

注: # 为熟练组与练习前组的比较, # 表示 $P < 0.05$; & 为熟练组与练习后组的比较, & 表示 $P < 0.05$ 。

2.1.2 反向走动作中下肢各关节角度的比较

2.1.2.1 特征时刻关节角度:

IB 组、IA 组和 P 组反向走动作中各个特征时刻

关节角度对比结果见表 6。对髋关节和踝关节而言,在自足趾着地至迈步初期所有特征时刻,未进行反向走练习的 IB 组的髋关节和踝关节的角度与 P 组之间

存在明显的差异,其中两组髌关节各个特征时刻的角度均具有非常显著性差异;踝关节除足趾离地和足跟离地时刻外,其他时刻也都存在非常显著性差异($P<0.01$)。经过 6 周的反向走练习后,IA 组髌关节和踝关节各个特征时刻角度皆朝着 P 组方向变化,仅在足趾着地、足平放和足趾离地时刻的髌关节角度与 P 组有显著性差异($P<0.05$),髌关节其余时刻以

及踝关节所有时刻两组关节角度均无显著性差异($P>0.05$)。此外,在 IB 组与 IA 组之间多数特征时刻髌关节和踝关节角度存在显著差异($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

对膝关节而言,除足趾着地时刻外,其他特征时刻关节角度在 IB 组、IA 组和 P 组之间均无显著性差异($P>0.05$)。

表 6 反向走动作中 IB 组、IA 组和 P 组各特征时刻下肢关节角度的比较

指标	IB 组		IA 组		P 组	
	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$
足趾着地时刻(髌关节)	17	17.95 ± 8.76	18	5.58 ± 8.59 ^{* *}	7	-3.24 ± 9.31 ^{##&}
足趾着地时刻(膝关节)	17	47.34 ± 10.15	18	40.41 ± 9.65 [*]	7	49.3 ± 8.18 ^{&}
足趾着地时刻(踝关节)	17	-5.74 ± 12.53	18	12.82 ± 9.39 ^{* *}	7	13.55 ± 7.44 ^{##}
足放平时刻(髌关节)	17	15.81 ± 6.23	18	7.38 ± 7.16	7	-0.17 ± 9.16 ^{##&}
足放平时刻(膝关节)	17	18.61 ± 11.27	18	16.23 ± 7.65	7	16.58 ± 9.24
足放平时刻(踝关节)	17	-20.79 ± 7.81	18	-8.66 ± 3.86 ^{* *}	7	-7.85 ± 9.62 ^{##}
站立中期时刻(髌关节)	17	13.94 ± 8.47	18	-9.75 ± 4.85 ^{* *}	7	-16.32 ± 11.29 ^{##}
站立中期时刻(膝关节)	17	13.83 ± 8.76	18	11.23 ± 5.67	7	13.5 ± 7.5
站立中期时刻(踝关节)	17	0.06 ± 6.16	18	11.28 ± 4.69 ^{* *}	7	10.31 ± 11.31 ^{##}
足趾离地时刻(髌关节)	17	18.59 ± 7.00	18	-22.91 ± 7.13 ^{* *}	7	-30.72 ± 7.48 ^{##&}
足趾离地时刻(膝关节)	17	10.00 ± 5.04	18	8.13 ± 5.04	7	11.09 ± 6.07
足趾离地时刻(踝关节)	17	14.77 ± 12.43	18	20.16 ± 10.13	7	20.01 ± 10.96
足跟离地时刻(髌关节)	17	22.24 ± 9.87	18	-27.46 ± 7.64 ^{* *}	7	-33.68 ± 7.49 ^{##}
足跟离地时刻(膝关节)	17	8.69 ± 3.7	18	6.56 ± 5.51	7	15.45 ± 23.42
足跟离地时刻(踝关节)	17	6.65 ± 16.6	18	11.21 ± 12.89	7	8.01 ± 14.24
迈步初期时刻(髌关节)	17	14.98 ± 7.2	18	-16.57 ± 12.45 ^{* *}	7	-24.02 ± 5.16 ^{##}
迈步初期时刻(膝关节)	17	66.52 ± 9.71	18	61.82 ± 7.95	7	58.88 ± 9.64
迈步初期时刻(踝关节)	17	-11.78 ± 7.35	18	9.87 ± 7.47 ^{* *}	7	3.62 ± 7.44 ^{##}

注: * 为练习后组与练习前组的比较, * 表示 $P<0.05$, * * 表示 $P<0.01$; # 为熟练组与练习前组的比较, # 表示 $P<0.05$, ## 表示 $P<0.01$; & 为熟练组与练习后组的比较, & 表示 $P<0.05$ 。

从 IB 组、IA 组和 P 组肩髌分离角度的比较结果中可以看出(表 7), 尽管 IB 组与 P 组、IA 组的肩髌分离角仅在足跟离地时刻有非常显著性差异($P<0.01$), 但是从 IB 组的均值来看, 其与 IA 组、P 组差

异很大, 这主要是由于 IB 组中各指标的标准差过大所致。IA 组与 P 组肩髌分离角度的变化特点比较接近, 因而两组间无显著性差异($P>0.05$)。

表 7 反向走动作中 IB 组、IA 组和 P 组肩髋分离角度的比较

指标	IB 组		IA 组		P 组	
	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$
足趾着地时刻	18	17.98 ± 57.44	18	5.43 ± 5.51	7	3.69 ± 5.03
足放平时刻	18	3.54 ± 65.47	18	8.09 ± 4.66	7	5.98 ± 6.61
站立中期时刻	18	4.91 ± 51.17	18	2.68 ± 5.4	7	-0.91 ± 4.58
足趾离地时刻	18	19.02 ± 50.15	18	-3.21 ± 3.82	7	-6.09 ± 3.38
足跟离地时刻	18	11.99 ± 14.64	18	-5.06 ± 4.16 **	7	-6.88 ± 5.64 ##
迈步初期时刻	18	15.79 ± 57.21	18	2.13 ± 5.72	7	0.47 ± 4.4

注：* 为练习后组与练习前组的比较，** 表示 $P < 0.01$ ；#为熟练组与练习前组的比较，##表示 $P < 0.01$ 。

2.1.2.2 步态周期中下肢各关节角度的变化趋势特点
在一个步态周期中,从髋、膝、踝关节角度大小及其

变化趋势特点来看,IA 组的变化趋势与 P 组非常相似,故在此仅重点分析 IB 组和 IA 组之间的差异(图 1)。

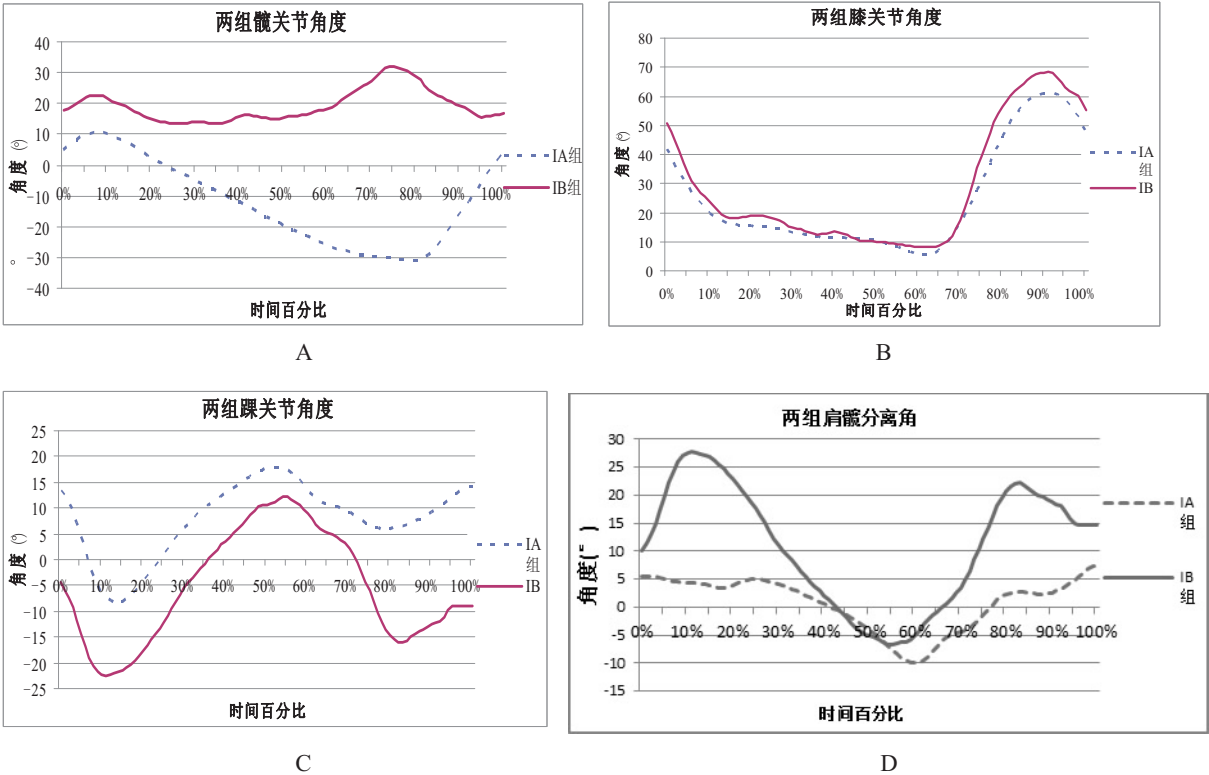


图 1 IB 组和 IA 组反向走动作中下肢各关节角度变化趋势的比较

从图 1 的 A 图中可以看出两组反向走时髋关节角度变化差异显著。IB 组在整个步态周期中多数时间保持髋关节伸位,且变化幅度集中在 10°至 -30°之间,而 IA 组在整个步态周期中伸髋比例仅占 20%,屈髋比例占 80%。两组膝关节角度的变化趋势基本相同(B 图),仅在步态周期 65%至结束时,IB 组膝角度屈曲角度大于 P 组。对于踝关节而言(C

图),两组踝关节角度变化趋势也是相似的,但 IB 组在整个步态周期中踝关节跖屈所占比例较小而背屈比例较大。两组肩髋分离角变化趋势(D 图)的比较结果显示,IB 组在整个步态周期中,肩髋分离角变化幅度较大,且明显偏高。

2.1.3 反向走动作中下肢各关节角速度的比较
由于 IA 组和 P 组髋、膝、踝关节和肩宽分离角速

度变化趋势基本相似,故在此仅 IB 组和 IA 组进行对比分析。结果发现两组的上述角速度变化趋势存在很大差异(图2)。图2的A图显示从足趾着地时刻开始,IA组髋关节由伸髋快速转至屈髋,当足趾离地开始摆动时,髋关节迅速完成由屈髋向伸髋的转换;IB组在足趾着地时刻开始时则相反,此后髋关节角速度出现较小幅度的持续波动。在B图中,从足趾着地时刻开始,IA组膝关节由伸膝变为屈膝,在足跟离地进入摆动前期时达到最大屈膝角度,之后完成伸

膝;但 IB 组膝关节角速度的变化与 IA 组相反,IA 组角速度变化明显快于 IB 组。对于踝关节而言,尽管两组总体变化趋势相似,但 IB 组踝关节背屈与跖屈角速度明显小于 IA 组,且出现了较为明显的波动。D图显示两组肩宽分离角角速度变化大体趋势基本相似,IA 组在整个步态周期过程中变化比较平缓,只是在站立中期向摆动期过渡和摆动前期向摆动后期出现较大的波动,而 IB 组则始终处于快速波动状态。

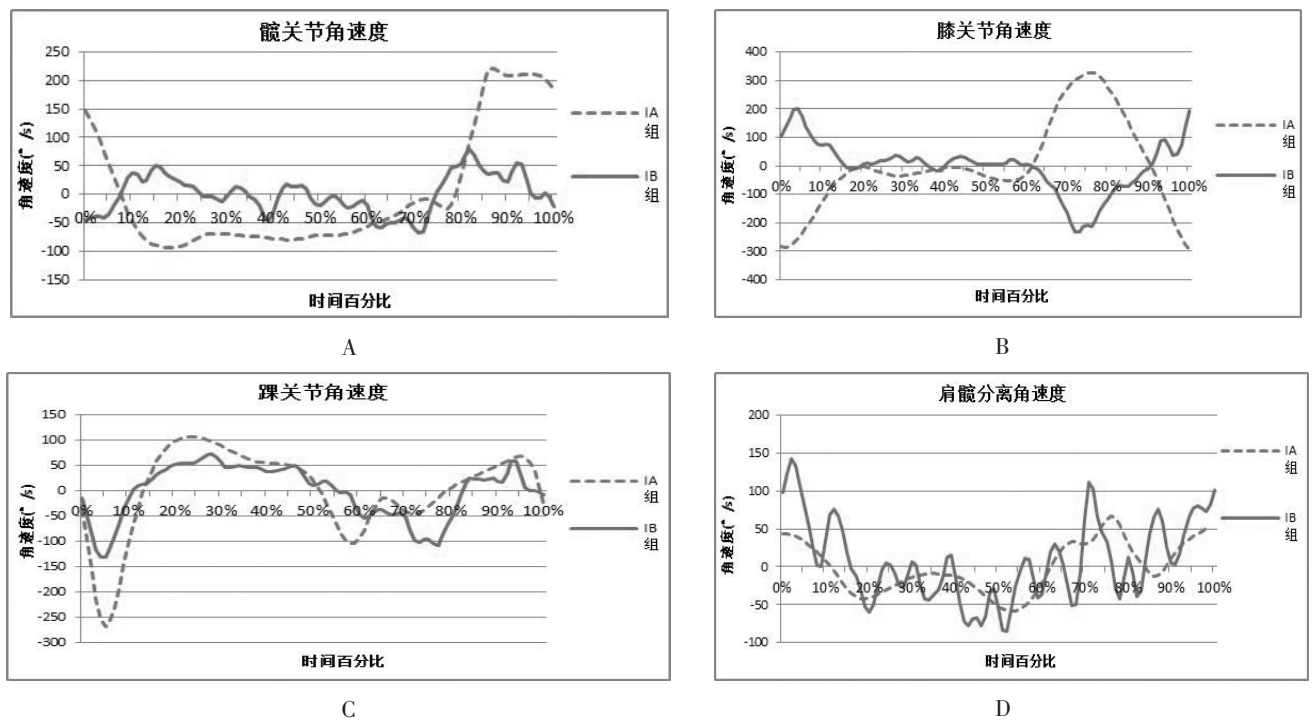


图2 IB组和IA组反向走动作中下肢各关节角速度变化趋势的比较

2.2 反向走练习前后肌肉工作特征的比较

运动学特征是人体行走时机体的外在表现形式,而肌肉活动是人体运动的动力来源。本文通过对 IB 组、IA 组及 P 组反向走动作中肌电信号的观察,以分析反向走练习前后肌肉激活时间和肌肉持续工作时间的变化特点。

通过对各组间肌肉首次激活时间的比较发现(表8):IB 组肌肉首次激活时间顺序依次为股二头肌、股外侧肌和股直肌,腓肠肌外侧头激活时间最晚;IA 组的激活顺序为股直肌、股内侧肌、股外侧肌和腹直肌,胫骨前肌激活时间最晚;而 P 组激活顺序为:臀中肌、股二头肌和腹直肌,胫骨前肌激活时间最晚。与 P 组相比,IB 组胫骨前肌的激活时间显著早,而 IA 组臀中肌和股二头肌的激活时间显著晚;IB 组臀中

肌、股二头肌和胫骨前肌的激活时间显著早于 IA 组($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

就肌肉持续工作时间而言,IB 组肌肉持续工作时间最长的肌肉依次为股二头肌、腹外斜肌和股直肌,腓肠肌外侧头持续工作时间最短;IA 组持续工作时间最长的肌肉为股直肌、腹直肌和股内侧肌,腓肠肌内侧头持续工作时间最短;P 组持续工作时间最长的为臀中肌、竖脊肌和腓骨长肌,胫骨前肌持续工作时间最短。IB 组的竖脊肌、臀中肌、股内侧肌、股外侧肌、腓肠肌内外侧头和腓骨长肌等 7 块肌肉、IA 组的上述 6 块肌肉(除股二头肌外)的持续工作时间显著短于 P 组($P<0.05$ 或 $P<0.01$),且 P 组肌肉总的持续工作时间显著长于非熟练的 IB 和 IA 组;而与 IA 组相比,IB 组的腹外斜肌、股二头肌和股直肌持续

工作时间显著大于 IA 组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$) (表 9)。

表 8 反向走动作中 IB 组、IA 组和 P 组肌肉首次激活时间百分比 (%)

指标	IB 组		IA 组		P 组	
	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$
竖脊肌	18	0.19 ± 0.22	18	0.22 ± 0.29	7	0.15 ± 0.31
腹直肌	18	0.11 ± 0.13	18	0.14 ± 0.19	7	0.09 ± 0.19
腹外斜肌	18	0.13 ± 0.32	18	0.24 ± 0.25	7	0.14 ± 0.15
臀中肌	18	0.13 ± 0.16	18	0.31 ± 0.24 *	7	0.00 ± 0.01&&
臀大肌	18	0.15 ± 0.20	18	0.21 ± 0.17	7	0.35 ± 0.33
股二头肌	18	0.03 ± 0.08	18	0.39 ± 0.37 * *	7	0.04 ± 0.07&
股直肌	18	0.08 ± 0.20	18	0.11 ± 0.10	7	0.13 ± 0.20
股内侧肌	18	0.11 ± 0.16	18	0.14 ± 0.16	7	0.19 ± 0.15
股外侧肌	18	0.07 ± 0.11	18	0.14 ± 0.20	7	0.18 ± 0.15
胫骨前肌	18	0.09 ± 0.10	18	0.43 ± 0.23 * *	7	0.49 ± 0.35#
腓肠肌外侧头	18	0.23 ± 0.18	18	0.20 ± 0.19	7	0.23 ± 0.29
腓肠肌内侧头	18	0.17 ± 0.14	18	0.28 ± 0.27	7	0.15 ± 0.18
腓骨长肌	18	0.11 ± 0.11	18	0.17 ± 0.11	7	0.10 ± 0.14

注：* 为练习后组与练习前组的比较，* 表示 $P < 0.05$ ，* * 表示 $P < 0.01$ ；#为熟练组与练习前组的比较，#表示 $P < 0.05$ ；&为熟练组与练习后组的比较，& 表示 $P < 0.05$ ，&& 表示 $P < 0.01$ 。

表 9 反向走动作中 IB 组、IA 组和 P 组肌肉持续工作时间百分比 (%)

指标	IB 组		IA 组		P 组	
	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>n</i>	$\bar{x} \pm s$
竖脊肌	18	0.32 ± 0.20	18	0.37 ± 0.27	7	0.80 ± 0.35#&&
腹直肌	18	0.45 ± 0.35	18	0.50 ± 0.38	7	0.63 ± 0.39
腹外斜肌	18	0.85 ± 0.36	18	0.45 ± 0.30 * *	7	0.64 ± 0.35
臀中肌	18	0.26 ± 0.13	18	0.28 ± 0.28	7	0.82 ± 0.37###&&
臀大肌	18	0.26 ± 0.29	18	0.31 ± 0.24	7	0.50 ± 0.35
股二头肌	18	0.88 ± 0.29	18	0.43 ± 0.34 * *	7	0.57 ± 0.41
股直肌	18	0.85 ± 0.30	18	0.57 ± 0.28 *	7	0.72 ± 0.33
股内侧肌	18	0.38 ± 0.21	18	0.48 ± 0.32	7	0.68 ± 0.32#
股外侧肌	18	0.31 ± 0.16	18	0.46 ± 0.28	7	0.70 ± 0.15###&
胫骨前肌	18	0.26 ± 0.13	18	0.23 ± 0.17	7	0.41 ± 0.33
腓肠肌外侧头	18	0.20 ± 0.15	18	0.30 ± 0.22	7	0.67 ± 0.39###&&
腓肠肌内侧头	18	0.21 ± 0.08	18	0.15 ± 0.10	7	0.43 ± 0.34#&&
腓骨长肌	18	0.28 ± 0.14	18	0.36 ± 0.21	7	0.80 ± 0.28###&&

注：* 为练习后组与练习前组的比较，* 表示 $P < 0.05$ ，* * 表示 $P < 0.01$ ；#为熟练组与练习前组的比较，#表示 $P < 0.05$ ，##表示 $P < 0.01$ ；&为熟练组与练习后组的比较，& 表示 $P < 0.05$ ，&& 表示 $P < 0.01$ 。

3 讨论

反向走作为一种新颖的、非常规的运动方式,具有与正向走不同的动作特征。本文设置了反向走练习前组、练习后组以及熟练组三个组别,并通过对不同组别反向走步态时空参数、运动学参数和肌肉工作特征进行对比分析,来探讨经常进行反向走练习(P组)与无反向走练习经历(IB组)的被试之间的动作差异、同一批被试(IB组和IA组)经过6周反向走练习后的动作变化和发展特征,以及经常进行反向走练习(P组)和经过6周反向走练习(IA组)的动作改善状况,进而阐明反向走运动下肢的动作特征及其健身价值。

3.1 反向走练习前后运动学特征分析

3.1.1 反向走练习前后的步态特征

就步态周期各阶段时间百分比而言,对于没有反向走锻炼经历的IB组,其左右足的支撑时间较P组短,而摆动时间较P组长;经过6周的反向走练习后,IA组的支撑中期显著延长,摆动前期显著变短而摆动后期显著变长;而且IA组各指标与P组非常接近,左右足各指标亦呈现同步变化。说明反向走练习后,非熟练组的步态周期动作特征发生明显变化,左右侧足步态的时相对称性得到改善,步态周期的支撑时相和摆动时相的分配更加合理。由此也为反向走练习在脑卒^[8]等康复中的作用提供了佐证。

然而,在步态时空参数方面,IB组仅在步长、跨步长、步速和步频等与P组有显著性差异,即采用“迈大步”的动作方式,并且在6周练习前后各指标无明显变化。其原因可能为,反向走对人体来说是一种非常规的刺激,在行进过程中需要建立与保持一个合适姿势和身体的动态稳定性,对于实现惯用的姿势控制的感知与运动调节系统来说必须适应这个新的任务与环境,但完成这样的改变6周的时间是不够的。

3.1.2 反向走练习前后的关节角度与角速度特征

由于IB组无反向走运动经验,其下肢各关节角度和角速度均与P组存在明显差异。在整个步态周期中,IB组无伸髋且屈髋角度较小;膝关节始终处于屈位,其最大屈角明显大于P组;踝关节的运动方式为背屈—跖屈—背屈,而P组则为跖屈—背屈—跖屈,且IB组踝关节的最大背屈角度明显大于P组,最大跖屈角度却小于P组。同样,对于角速度,IB组的

屈髋和伸髋转换速度快;屈膝向伸膝的转换较少;跖屈和背屈转换速度较慢;脊柱进行快速左右旋转,且旋转幅度较大。

IB组出现上述动作特征原因为,IB组反向走动作活动方式并不熟悉,身体会以一种新的方式来组织关节的活动范围来保证动作的完成和身体的平衡性。当躯干过度后倾、重心后移时,势必限制了髋关节的伸展;而膝关节可通过屈曲来有效提高步态的协调有效性,减缓重心变化,也可使摆动侧肢体的垂直长度变短,有助于足在地面上廓清;踝关节保持背屈可以增加接触面积,加之脊柱左右旋转幅度较大,用以代偿新异刺激对机体稳定性的影响,进而有助于保持机体的平衡。同时,IB组的这种动作特征也是机体对新异刺激所做的反馈性调整,采取了一些措施,如快速屈髋伸髋和膝关节屈曲都有利于肢体的快速摆动和抬高肢体等,这样在预防跌倒的同时还可以使身体快速向后移动。由此可见,反向走时IB组下肢动作明显不如P组流畅自然。

经过6周反向走练习后,IA组下肢动作特征虽与P组还有一定差距,但其各关节角度及角速度均发生了有益的变化。即整个步态周期中,屈膝角度有所减小,脊柱左右旋转幅度逐渐减小,髋关节的屈位逐渐发展为伸位—屈位交替、踝关节以背屈为主逐步发展为以跖屈为主等动作特征。这些变化说明随着机体对反向走练习逐渐适应后,新的动作模式逐步建立,完成反向走时更加科学、合理。

与正向走相比,反向走时人体各环节运动方式发生明显改变,同时由于下肢的解剖结构和功能在矢状轴上存在不对称性,致使反向走的下肢屈伸运动完全不同于正向走^[9-12]。因而进行反向走练习时,身体各环节就会做出很多与正向走不同的活动,这样不仅丰富了关节的活动类型,而且还能加强对身体本体感觉器官的刺激,提高身体的姿势控制能力^[5]。此外,对青年人进行反向走训练,尤其是在不同环境状态(如有坡度、冰雪或凹凸不平的地面,在水中)进行训练^[3,13],还有助于建立一些新的动作模式,以适应在特殊环境中保持身体稳定的功能需要。

3.2 反向走练习前后肌肉工作特征分析

由于环境刺激和神经支配等因素的影响,不同个体或相同个体不同状态时,即使完成相同的关节运动,其肌肉的工作特征亦存在明显差异。因此,本文中在反向走熟练组与非熟练组的练习前、后两组之间,肌肉工作特征均存在明显差异。

从肌肉首次激活时间来看,IB 组首先动员股二头肌、股外侧肌和股直肌等运动膝关节的肌群来启动反向走,其次动员胫骨前肌使足背屈;而 P 组却首先激活臀中肌、股二头肌和腹直肌,在保持躯干的稳定的同时启动伸髋动作,其次动员腓骨长肌协助足的跖屈,最晚激活的是胫骨前肌。经过 6 周反向走练习后,IA 组在首先激活股直肌等伸膝肌群的同时,激活了腹直肌,其次激活了腓骨长肌,最晚激活的也是胫骨前肌。由此表明 IA 组的动作模式有向 P 组方向发展的趋势。上述三组各肌肉激活时间差异较大,这不仅与 Van Deursen^[14]的研究结果类似,同时也说明无反向走练习经历的 IB 组,在进行反向走时可能会出现紧张、怕跌倒等心理影响而使其肌肉首次激活时间缺少规律性。

从肌肉持续工作时间来看,P 组所有肌肉总的持续工作时间明显大于非熟练组,表明 P 组经过长时间的反向走练习后,肌肉的持续工作能力明显改善,尤其是背部和臀部的肌肉持续工作能力显著增强,这样对于维持躯干稳定有着重要作用。人在倒退行走时,腰背部肌肉的运动方向与正向走时相反,腹部肌肉需要相对放松而背部肌肉则应持续收缩。本文中腰背部竖脊肌在反向走时工作时间较长,同时肩髋分离角也会呈规律性变化,说明反向走能够长时间激活腰背部肌群,增加腰背部肌肉力量,有利于腰背部损伤的预防。同时,反向走练习还可使人体因习惯性前行而带来脊柱的某些缺陷得到纠正,改善背部血液循环,进而对脊柱姿态异常和损伤起到积极地预防与康复作用。这与曹利民和王良兴^[15-16]等研究结果一致。

本文的 IB 组表现出少数肌肉持续工作时间过长的特点,其中股二头肌不仅激活时间早且持续工作时间长,这可能是由于竖脊肌收缩不足,对伸髋支持较弱,故而以股二头肌激活进行屈膝代偿所致;而腹外斜肌长时间持续收缩,也使得 IB 组在反向走中脊柱回旋过于频繁。这些特点皆可造成 IB 组反向走动作的僵硬和不流畅。而经过 6 周的练习,尽管 IA 组所有肌肉总的持续工作时间仍然比较明显地小于 P 组,但上述问题已得到显著改进。

有研究表明反向走练习可以提高下肢肌肉工作能力和平衡能力,并且还可以作为一种康复训练手段,增加行走的稳定性,提高肌肉力量和不同肌肉之间的协调性^[3,4,9,15,16]。本文中 P 组的臀中肌、腓骨长肌、股外侧肌以及腓肠肌内外侧头等肌肉的持续工作

时间显著大于 IA 和 IB 组,这些肌肉参与工作的时间的延长,说明下肢各环节的肌肉的持续工作能力增强,这样可以带动整个下肢运动链工作能力的提升,对人体下肢的协调发力能力和平衡能力具有积极作用,也是反向走动作的合理化和自动化的表现。

此外,肌肉力量和整体平衡能力的不足是导致腰部和膝关节损伤的重要原因。从上述分析中还可以看出,反向走练习不仅仅能够增强下肢的肌肉力量,改善各环节肌肉协调工作能力;而且在视觉屏蔽的情况下,反向走依然要维持同样的变化趋势,说明反向走还可通过增强其本体感觉来维持身体平衡^[5,6]。因此,反向走练习亦可作为平衡能力的训练方法,对损伤的预防和康复有重要意义。

4 结论

对于未经练习的情况下青年人(即非熟练组),反向走的动作特征表现为:步长、跨步长较大,步频较低,但整体步速较快,即采用“迈大步”的动作方式。髋关节后伸不足,膝关节折叠过大,未表现出摆动腿着地后由足尖向足跟的充分滚动,且躯干的回旋无规律性特征。同时,由于竖脊肌工作不足,对伸髋支持较弱,因而以股二头肌激活进行屈膝代偿。

6 周的反向走练习首先引起环节运动特征以及步态周期的合理化改变,但对于步长、步频等未产生影响,可能是因训练时间较短所致。同时,竖脊肌工作有所增加,股二头肌刻意的屈膝工作消失,肌肉工作方式与熟练组更加接近。

由于反向走是一种非常规性运动,建议青年人经常进行反向走练习,特别是在不同环境状态下进行练习,可有助于其建立一些新的动作模式,增强肌肉的工作能力,以适应在特殊环境中保持身体稳定的功能需要。

参考文献

- [1] 周林. 健身反向走对中老年人体质机能影响的实验研究[J]. 浙江体育科学, 2015, 34(3): 115-117.
- [2] TERBLANCHE E, PAGE C, KROFF J, et al. The effect of backward locomotion training on the body composition and cardiorespiratory fitness of young women. [J] Int J Sports Med, 2005, 26(3): 214-219.
- [3] 谷宁. 不同坡度和速度节奏下健身反向走和跑对足底压力的影响研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2016.
- [4] 汪乾春. 反向走对人体平衡和核心肌群表面肌电影响的实

- 验研究[D]. 成都:成都体育学院,2015.
- [5] WEI YA HAO, YAN CHEN. Backward walking training improves balance in school-aged boys[J]. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 2011, 3(3).
- [6] 姚鑫. 健身反向走对老年女性平衡能力的影响[J]. 山东体育学院学报, 2008(10): 59.
- [7] 恽晓平. 康复疗法评定学[M]. 北京: 华夏出版社, 2005: 266-267.
- [8] YANG Y R, YEN J G, WANG R Y, et al. Gait outcomes after additional backward walking training in patients with stroke: a randomized controlled trial[J]. Clinical rehabilitation, 2005, 19(3): 264-273.
- [9] SHELBOURNE K D, KLOTZ C. What I have learned about the ACL: utilizing a progressive rehabilitation scheme to achieve total knee symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Journal of Orthopaedic Science, 2006, 11(3): 318-325.
- [10] MINHYEON LEE, JUNGYOON KIM, JONGSANG SON, et al. Kinematic and kinetic analysis during forward and backward walking[J]. Gait Posture, 2013, 38(4): 674-678.
- [11] NAOKI SODA, TSUTOMU UEKI, TAKAAKI AOKI. Three-dimensional Motion Analysis of the Ankle during Backward Walking[J]. Phys Ther Sci, 2013, 25(6): 747-749.
- [12] DIMITRIOS KATSAVELIS, MUKUL MUKHERJEE, LESLIE DECKER, et al. Variability of lower extremity joint kinematics during backward walking in a virtual environment[J]. Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences, 2010, 14(2): 165-178.
- [13] CADENAS-SÁNCHEZ, CRISTINA. Biomechanical characteristics of adults walking forward and backward in water at different stride frequencies[J]. Journal of Sports Sciences, 2016, 34(3): 224-231.
- [14] VAV DEURSEN RW, FLYNN T W, MCCRORY JL, et al. Does a single control mechanism exist for both forward and backward walking? [J]. Gait Posture, 1998, 7(3): 214-224.
- [15] 曹利民. 磁极针, 手法加倒走治疗腰椎间盘突出症 120 例临床观察[J]. 针灸临床杂志, 2004, 20(5): 38-39.
- [16] 王良兴. 针刺牵引结合倒走锻炼治疗腰椎间盘突出 80 例[J]. 福建中医药, 2010, 41(3): 37.

[责任编辑 江国平]

(上接第 44 页)

3) 开办全国青少年排球教练员岗培班, 加大对教练员培训力度, 提高教练员整体职称等级; 合理均衡发展男、女排队伍教练员职称布局。

4) 通过高等院校培养的体育科研人才, 不断地充实到排球后备队伍, 完善复合型教练团队, 特别是体能教练和科研教练的配备, 要求教练员专职化, 为训练和管理提供科学依据。

参考文献

- [1] 田麦久. 运动训练学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2000: 451.
- [2] 李大卫. 我国普通高等院校高水平乒乓球运动队教练员队伍现状的调查研究[J]. 北京体育大学学报, 2005(8): 1131-1133.
- [3] 连瑞华, 黄双喜, 连道明. 论优秀排球教练员应具备的素质与能力[J]. 体育科学研究, 2006, 10(4): 52-55.
- [4] 马红. 河南省青少年排球教练员现状调查研究[D]. 开封: 河南大学, 2014: 17.
- [5] 张欣. 我国排球后备人才可持续发展研究[D]. 上海: 上海体育学院, 2012: 54.
- [6] 李清亮. 我国排球高水平后备人才基地教练员人力资本构成分析[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2014: 15.
- [7] 刘浩. 我国高级足球教练员岗位培训教学目标及培训内容的初步研究[J]. 北京体育大学学报, 1999, 22(1): 62-65.
- [8] 刘曙亮. 我国青少年排球教练员队伍建设的现状调查与分析[J]. 北京体育大学学报, 2007, 30(2): 287-289.
- [9] 李文超. 我国优势项目复合型教练团队的运行机制研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2013: 104.

[责任编辑 魏 宁]