



国家女子曲棍球队比赛负荷特征研究

Research on Match Load Characteristics of National Woman Field Hockey Team

袁凌燕¹, 闫琪²

YUAN Ling-yan¹, YAN Qi²

摘要: 为了解中国女子曲棍球比赛的运动负荷特征及运动员在场上的跑动位置和轨迹,应用 GPSports Systems SPI 10 运动监测系统及 Polar 团队心率表,对国家女子曲棍球队主力运动员 26 人备战 2008 年奥运会期间 1~4 月 24 场比赛数据进行整理分析。主要研究表明,我国优秀女曲运动员在场上比赛表现出明显的项目特征:高强度、高对抗,对各个位置运动员的体能要求都很高。由多种不同形式的运动方式穿插在一起组合而成,在场地上约 15% 的时间是间歇性短距离快跑形式(无氧代谢),约 85% 的时间是慢跑、走动或原地休息的运动形式(有氧代谢)。快速冲刺能力与国际高水平队存在一定差距。

关键词: 曲棍球;女子;运动员;比赛负荷;全球定位技术系统;体能

Abstract: In order to examine exercise load characteristics and running position and trajectory on the field of Chinese woman field hockey team in match, this paper makes analysis on data of 24 matches from January to April for 26 national woman field hockey key players who preparing for 2008 Beijing Olympic Games by using the global positioning satellite (GPS) system, meanwhile the heart rate recorded by polar heart rate team monitor. The main results suggest that as a result of the intense competition and strong antagonism in hockey match, it need strong physical fitness and is a great challenge for each player. Chinese women field hockey players have obvious event characteristic: It spent the major portion (85%) in standing or walking (15%) which need anaerobic metabolism capacity, interspersed with medium and high intensity running activities which need aerobic metabolism capacity. There was a gap on rapid sprint ability between Chinese women field hockey players and world top team players.

Key words: woman player; field hockey match; global positioning satellite; physical fitness

中图分类号:G849.1 文献标识码:A

中国女子曲棍球队在 2008 年北京奥运会上获得银牌,取得令人瞩目的成绩。但我国的曲棍球运动项目的科研并不深入。如何使这支优秀队伍保持不败战绩,成为体育界人士关注的焦点之一。

随着全攻全守的战术打法在曲棍球运动中被普遍地使用,体能已经成为曲棍球运动员竞技能力构成因素的重要组成部分。体能训练的运动负荷是训练的核心环节,其训练内容是由比赛的负荷特征所决定的。因此,掌握曲棍球运动员比赛负荷的特征,是确保在训练过程中为运动员施加正确的体能训练,提高竞技能力的重要环节。

从现有数据来看^[4,7],我国曲棍球运动员的身高、体重、最大摄氧量等形态和机能数据与国外高水平运动员差别不大,但在赛场上表现出的专项体能特征如何未见报道。有资料显示,曲棍球运动员在场上的每次冲刺跑的时间多在 4 s 以内,距离多为 10~30 m,速度多为中高强度(5~7 m/s)和高强度(>7 m/s),这部分运动时间虽然短,但往往是制胜的关键^[6,10]。目前尚缺乏对我国曲棍球项目

比赛负荷特征进行深入细致的研究。

为全面了解中国女子曲棍球运动比赛负荷的特征,本研究应用先进技术全球技术定位系统——GPSports Systems SPI10 运动监测系统及 Polar 团队心率表,对 2008 年奥运会年 1~4 月 24 场比赛进行监测,通过同步测量运动员的即刻心率、即刻速度、移动距离、运动轨迹等指标,将训练学数据和生理学数据结合在一起,为中国女子曲棍球

收稿日期:2011-09-07; 修订日期:2012-01-15

基金项目:国家体育总局奥运攻关科研项目(2011A053)。

作者简介:袁凌燕(1972-),女,江西上饶人,副教授,博士,研究方向为运动人体科学, Tel: (021) 64322713, E-mail: yanziyuan@shnu.edu.cn; 闫琪(1973-),男,河南人,副研究员,在读博士研究生,研究方向为体能训练, Tel: (010) 87280830, E-mail: 13501302943@126.com。

作者单位:1. 上海师范大学 体育学院,上海 200234; 2. 北京体育科学研究所,北京 100075
1. Physical Education Department, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China; 2. Beijing Research Institute of Sports Science, Beijing 100075, China.

队的比赛特点提供数字化依据,为教练了解运动员在比赛中的运动负荷形式提供准确的信息。以期作为教练了解运动员在比赛中的运动负荷形式,确保在训练过程中为运动员施加正确的体能训练,提高训练质量,提供客观依据。

1 研究对象

中国女子曲棍球队参加备战 2008 年北京奥运会的主力运动员 26 人,平均年龄 27 岁,平均身高 168.2 cm,平均体重 58.7 kg。

2 研究方法

2.1 研究仪器

GPSports Systems SPI 10 运动监测系统(澳大利亚产);Polar 团队心率表(芬兰产)。

2.2 研究内容

对运动员在 2008 年奥运会年 1~4 月 24 场比赛全程监控,对比赛的负荷数据、心率数据同步分析,并对 8 名主力运动员数据进行个案分析。

2.3 跑速划分等级

根据曲棍球的运动特点和女子运动员的跑动能力,参考中国女足资料^[3]及国外女曲资料^[6],把运动员在场上的速度划分为 6 个等级:6 m/s 以上为全力冲刺,5 m/s~6 m/s 快速跑动,4 m/s~5 m/s 为中高速跑动,3 m/s~4 m/s 为中低速跑动,2 m/s~3 m/s 为慢跑,0~2 m/s 为走动或休息。

2.4 数据统计

各项测试数据通过专用软件计算,经筛选后将所需要的数据调入 Excel 进行整理和计算派生指标,用 SPSS 11.5 软件进行统计和分析。

3 研究结果

3.1 运动员全场跑动统计结果

由表 1 看出,中国女子曲棍球主力运动员整场比赛平均移动总距离为 8 360.70±914.19 m(7 900~8 800 m),最大

速度为 6.70±0.49 m/s,最高的冲刺速度达到 7.8 m/s。

3.2 运动员比赛心率统计结果

由表 2 看出,我国优秀女子曲棍球运动员全场比赛最高心率为 180±11 次/min,平均心率为 154±7 次/min。全场中跑动高于 170 次/min 以上的心率时间占总时间的 18.91%±8.19%,说明我国优秀女子曲棍球运动员在场上比赛的激烈程度很高,对抗强度也很高。

表 1 全场比赛跑动结果一览表 (n=26)

	\bar{X}	SD	max	min
全场移动距离(m)	8 360.70	914.19	10 281.3	6 990.0
最大速度(m/s)	6.70	0.49	7.80	6.00

表 2 比赛心率变化结果一览表 (n=26)

	HRmax (b/min)	平均心率 (次/min)	>170 次/min (%)
$\bar{X}\pm SD$	180±11	154±7	18.91±8.19
max	198	172	30.00
min	165	146	7.50

3.3 不同位置运动员比赛跑动和心率统计结果

经单因素方差分析结果显示,前锋、前卫和后卫不同位置的运动员在比赛中全场移动总距离、最大速度、最大心率和平均心率 4 个指标都没有显著性差异, $P>0.05$ 。由此可以看出,不同位置的优秀女子曲棍球运动员在场上的跑动没有明显的位置差别,这表现了现代曲棍球运动是全攻全守的打法,对各个位置运动员的体能要求都很高。另外,这可能与比赛双方的水平有关,本研究的比赛都是高水平竞赛,双方水平相当,进攻和防守基本处于平衡状态。

3.4 按照不同跑速划分的运动情况

表 4 结果可见,全长 70 min 的比赛中,运动次数平均为 1 100 次,平均每 3.8 s 变换一次运动方式。按照跑动次数的高低排比发现,慢跑的跑动次数最多,平均达到 412±42 次。其他依次为走动或休息、中低速跑动、中高速跑动和快速跑动。全力冲刺次数最少,为 5±3 次,平均每个冲刺的时间为 2 s,距离为 14 m。

表 3 不同位置运动员全场跑动距离和心率结果一览表

	全场移动距离(m)	最大速度(m/s)	最大心率(次/min)	平均心率(次/min)
前锋运动员	8 051.75±670.31	6.83±0.54	174±10	159±9
前卫运动员	8 482.90±1 107.84	6.66±0.54	183±11	152±5
后卫运动员	8 428.70±93.06	6.65±0.07	176±7	154±9

注:前锋、前卫和后卫运动员之间的变量均无显著性差异, $P>0.05$ 。

表 4 运动员在不同跑速时的运动情况一览表 (n=26)

	运动(n)	持续时间(s)	运动距离(m)	时间(%)	距离(%)
全力冲刺(>6 m/s)	5±3	10.53±6.91	69.45±46.12	0.22±0.17	0.81±0.52
快速跑动(5 m/s~6 m/s)	30±13	56.12±23.52	304.13±138.93	1.30±0.59	3.53±1.33
中高速跑(4 m/s~5 m/s)	102±28	187.13±69.00	872.48±290.82	4.50±1.72	10.32±2.53
中低速跑(3 m/s~4 m/s)	243±44	490.4±103.23	1 735.53±362.37	11.62±2.34	20.69±3.05
慢跑(2 m/s~3 m/s)	412±42	786.00±82.82	2 043.96±179.87	19.00±1.99	24.66±2.68
走动或休息(0~2 m/s)	308±31	2640.40±271.54	3 328.51±538.64	62.90±6.46	39.98±5.17

运动员在比赛中的移动距离百分比和运动时间百分比都是随着跑速的降低而逐渐升高。全力冲刺($>6\text{ m/s}$)跑动距离最少($69.45\pm 46.12\text{ m}$),占全场总移动距离的 $0.81\pm 0.52\%$,跑动时间占全场比赛的 $0.22\pm 0.17\%$ 。

快速跑动($5\sim 6\text{ m/s}$)运动次数平均是 30 ± 13 次,跑动时间占全场 $1.30\%\pm 0.59\%$,移动距离($304.13\pm 138.93\text{ m}$),占全场的 $3.53\%\pm 1.33\%$ 。

中高速跑($4\sim 5\text{ m/s}$)和中低速跑($3\sim 4\text{ m/s}$)的总跑动次数平均为345次,跑动时间占总比赛时间的 16.1% ,平均跑动距离为2608 m,其中,中低跑速的运动形式的移动距离大约占这部分总移动距离的 $2/3$,运动时间是中高速跑速的2倍多。

慢跑、走动或休息的总时间占到全场比赛的 82% ,移动距离为5372 m。慢跑($2\text{ m/s}\sim 3\text{ m/s}$)持续时间占全场的 $19.00\%\pm 1.99\%$,移动距离($2043.96\pm 179.87\text{ m}$)占总距离的 $24.66\%\pm 2.68\%$ 。占比最大是速度在 $0\sim 2\text{ m/s}$,

这种运动方式的时间所占比重最高($62.90\%\pm 6.46\%$),移动距离比重大($39.98\%\pm 5.17\%$)。运动员大多数时间是在进行速度小于 2 m/s 的走动或休息。

3.5 训练比赛重点运动员个体运动负荷监控结果

课题组对测试结果进行了个体分析和对比。GPS测试界面如图1。

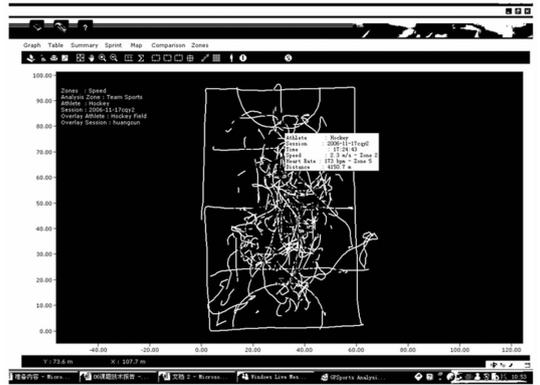


图1 比赛GPSports监控移动轨迹示意图

表5 重点运动员比赛运动方式个体分析一览表

	跑动总距离区域(km)	平均跑动总距离(m)	最高速度(m/s)	平均最高速度(m/s)	最高冲刺距离(m)	平均冲刺距离(m)	最多冲刺次数	平均冲刺次数
付××	5~8	7 055.6	7.4	7.0	345.9	119.4	19	7.6
高××	5~8	6 402.0	7.5	6.7	140.3	62.0	10	4.7
马××	5~7	6 749.9	7.3	6.6	169.2	45.3	5	2.9
李×	6~9	7 666.7	7.2	6.9	230.0	84.3	9	4.9
唐××	5~8	7 090.9	7.4	6.9	292.2	129.4	15	8.8
周××	5~8	7 114.6	6.9	6.3	107.5	35.1	9	2.7

付××是中国女子曲棍球队的主力前锋,从表5可以看出,该运动员是3名前鋒中平均冲刺速度最高的。她的冲刺速度最高可达 7.4 m/s ,平均冲刺速度为 7.0 m/s ,比赛中冲刺次数最多可达19次,平均冲刺次数为7.6次,跑动的总距离集中在 $5\sim 8\text{ km}$ 之间,平均跑动总距离为 7.05 km ,平均速度为 1.2 m/s ;整场比赛冲刺距离最高可达 345.9 m ,平均冲刺距离为 119.4 km 。

高××是前锋,从表5可以看出,该运动员的平均冲刺速度在3名前鋒中是最低的。她冲刺的最高速度可达 7.5 m/s ,平均冲刺速度为 6.7 m/s 。整场比赛冲刺的最高次数达10次,平均为4.7次。跑动的总距离集中在 $5\text{ km}\sim 8\text{ km}$ 之间,平均为 6.4 km 。整场比赛最高冲刺距离为 140.3 m ,平均冲刺 62 m 。

唐××是前锋,她在3名前鋒中的冲刺次数和冲刺距离都是最高的。她在整场比赛中跑动的总距离约为 $5\sim 8\text{ km}$,平均跑动距离为 7.1 km ;跑动的最高速度达 7.4 m/s ,平均冲刺速度为 6.9 m/s ;最高冲刺距离为 292.2 m ,平均冲刺距离为 129.4 m ;整场比赛最多冲刺达15次,平均每场比赛冲刺8.8次。

马××是后卫,根据位置特点分析其跑动不够积极。

她跑动的最高速度可达 7.3 m/s ,平均冲刺速度为 6.6 m/s ;跑动距离集中在 $5\sim 7\text{ km}$ 之间,平均跑动总距离为 6.7 km ;冲刺次数最多5次,平均为3次;冲刺距离最多为 169.2 m ,平均冲刺距离为 45.3 m 。

李×是左前卫,在整场比赛中总的跑动距离是最高的。她跑动的总距离集中在 $6\sim 9\text{ km}$ 之间,平均每场比赛跑动为 7.7 km ;最高速度达 7.2 m/s ,平均冲刺速度为 6.9 m/s ;冲刺距离最长达 230 m ,平均冲刺距离为 84.3 m 。冲刺最高次数为9次,平均每场比赛冲刺5次。

周××是中前卫,她的平均速度虽然最高,跑动的总距离也相对较高,但比赛中冲刺跑动的速度以及次数都是最少的。她整场比赛跑动约 $5\sim 8\text{ km}$,平均每场比赛 7.1 km ,24场比赛的最高速度为 6.9 m/s ,平均每场比赛的平均最高速度为 6.3 m/s ,最高冲刺距离为 107.5 m ,平均冲刺距离为 35.1 m ,最多冲刺次数为9次,平均为2.7次,平均速度为 1.4 m/s 。

4 讨论

中国女子曲棍球队一直重视体能训练,在备战2008奥运会期间,中国女子曲棍球队每周都要打2~4场教学

比赛,以此来强化运动员的体能和演练技战术。课题组成员首次把世界先进的全球定位技术系统(global positioning system, GPS)应用于团体球类项目,对运动员在训练比赛中的运动负荷情况进行了有效监控,为教练员评价运动员场上表现提供了科学依据。准确掌握我国女子曲棍球运动员比赛负荷的特征,确保了在训练过程中为运动员施加系统适宜的体能训练,使训练负荷的控制、把握与比赛的要求相一致,在特定阶段发挥了重要作用。

4.1 GPS在曲棍球项目中的应用价值

GPS是由空间卫星、地面控制及用户设备构成的实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。这项技术革新在竞技体育运动中用得越来越多,早期被运用于定向运动的新项目开发、地图绘制、赛事直播、训练追踪等领域^[8]。近年GPS已经成为评估体育运动成绩不可或缺的部分,滑雪、高尔夫、田径、游艇、皮划艇等^[11]。最近GPS技术被用于大强度、间歇性集体项目如曲棍球^[6,12]、足球^[9]、橄榄球项目。GPS可以精确地实时显示运动员的运动速度、运动轨迹,评估运动成绩^[11],且GPS观测时间数据与气体代谢数据相关联^[8]。

GPSport 10主要用于比赛的精细个体评价,其优势表现在可与心率同步测量运动的即刻速度、移动距离、运动轨迹等训练学指标,并可通过软件将各种速度下的时间、距离占总体的百分比进行细分,将训练学指标和生理学指标很好地结合在一起。教练组对每次的教学比赛都提出比较明确的要求,要求运动员提高比赛中突然的起动加速能力和变向能力,变化跑动的节奏,以此来适应战术的需求。另外,对一些位置上的运动员提出一些具体要求,比如,要求前锋运动员在前场失球后要积极反抢,前卫运动员在传出球后要注意突然加速跟上接应等。如果想运动员是否在训练比赛中得到教练员要求,以往只是通过教练员目测和总体模糊估计来评价,缺乏客观性和科学性,而GPS对教练把握运动员在比赛中的体能分配规律及在场上的跑动位置和轨迹具有重要指导意义。

4.2 我国女子曲棍球运动员在比赛中跑动特点分析

对高水平女子曲棍球运动员比赛的时间-运动分析,可以为研究曲棍球项目的比赛特点提供有价值的信息,还可为体能训练提出很好的建议。我国优秀女子曲棍球运动员全场70 min比赛中移动总距离平均7 900~8 800 m之间,说明比赛对她们的有氧能力要求很高。最高的有个别运动员跑到10 km。最高跑动距离与程冬美^[1]在2004年报道相一致,但平均跑动距离比报道的6 000~7 000 m的距离要长。目前,报道的国外一流足球队的平均比赛跑动距离是8 025 m,这比本研究得出的曲棍球跑动距离(8 360 m)要少。尽管曲棍球场地比足球场小,参赛人数相等,球棍伸展面积较大,攻防对手之间的距离近,但是跑动距离却与足球比赛相当,并有超过的趋势。这反映了近年

来曲棍球发展的一个特点,场上跑动距离越来越长,对运动员的长距离跑动要求越来越高。

曲棍球项目比赛时,运动员在赛场上运动形式的变化是非常复杂的,是各种不同运动方式的随意组合。全长70 min的比赛中,运动次数平均为1 100次,平均每3.8 s变换一次运动方式。这与MATT Spencer等研究澳大利亚国家男子曲棍球队得出的全场平均移动780次,每5.5 s变换一次运动方式的发现有所不同。这与采用的分析方法和对运动方式的分类及运动方式变换的界定不同有关。MATT等采用的是影像解析的方法,而且,对跑动方式的认定是通过肉眼判断的,而本研究是利用软件分析系统根据速度的变化来界定运动方式的变化,所以,会出现这样的差异。但是,两种研究方法都可以得出运动员是在不断地变换运动形式的,因此,他们在场上表现为不断的加速、减速,这样就需要他们具有良好的变速能力,才能满足场上变化的需要。

运动员在场上的每次冲刺跑的时间多在4 s以内,距离多为10~30 m,速度多为中高强度(5~7 m/s)和高强度(>7 m/s),这部分运动时间虽然短,但往往是制胜的关键^[6,10]。我国优秀女子曲棍球运动员比赛中达到全力冲刺次数平均为5次,平均每个冲刺的时间为2 s,跑动距离14 m。而达到5 m/s以上跑速的全力冲刺和快速跑动的总时间平均为1 min 6 s,共35次,大约每2 min跑动1次。与MATT报道的澳大利亚国家男子运动员的冲刺次数平均为30次,存在一定差距,因此,要注意发展我们运动员的快速冲刺能力。

大于5 m/s跑速的运动时间虽然占总比赛时间不足2%,但它往往可能会直接影响到比赛结果。在激烈的比赛中拼抢、断球或者拦截对手需要快速跑动能力,以防对手乘机进球,并给我方创造进攻的机会。曲棍球比赛的强密度是不一样的,有时一旦有球,1 min内可以出现连续反复奔跑、拼抢、传带突破或射门,这就需要运动员在高速速度,大强度的对抗中以无氧代谢来完成技术和战术的运动能力。纵观比赛,起动、急停、急转、射门、快速带球、快速跑动接应、快速传接球这些直接影响比赛进程的关键技战术完成时间一般都在10 s以内,需要运动员利用时间和速度的优势控制比赛。因此,运动员的无氧代谢能力是比赛的关键。

速度为3 m/s~5 m/s的中速跑动占全场跑动总距离的30%,其中以中低速跑动时间为主。运动员在场上的这部分运动也是不容忽视的。攻守转换和全场运动员的配合都是以这两部分的跑动方式为主的,因此,在训练中要强调出这部分跑动的重要性,这样才能更有机会抓住比赛的主动性,创造更多的进攻机会。

全场比赛中低强度运动方式慢跑、走动和休息的时间占总时间的82%,移动距离达到了5 300 m,平均占全场

总移动距离的64%。由此可见,曲棍球比赛中的各种身体活动所需的能量至少有64%是由有氧代谢供给的(慢跑、走动和休息),因此,有氧代谢供能是曲棍球运动员最基本、最主要的供能系统。对于消除疲劳恢复体力有重要作用。

4.3 我国女子曲棍球运动员比赛中心率特点分析

运用心率的变化规律来观察曲棍球运动员在赛场上的负荷强度是一种行之有效、简便易行的科学监控手段。由于心率对运动的刺激反应比较敏感,在达到“最大稳态心率”之前与运动强度呈线性关系,能够确切地反映身体负荷的不同变化。我国优秀女子曲棍球运动员在场上比赛的最高心律平均为180次/min,有的运动员甚至冲到198次/min。冯连世等提出^[2],心率达180次/min以上为极限负荷强度,说明了曲棍球高强度的运动特点。

比赛的平均心率为154次/min,而且全场比赛的18.91%的时间运动员的心率都处于170次/min以上的水平。与Bangsbo^[5]等报道的足球比赛心率接近:丹麦足球运动员170次/min的时间占比赛总时间的26%。因此,曲棍球运动员的体能训练要根据比赛的强度要求,不能忽视高强度的跑动练习。

5 小结

1. 我国女子曲棍球比赛全场移动总距离为8360.70±914.19m,最大速度为6.70±0.49m/s,最高的冲刺速度达到7.8m/s。全场比赛最高心率为180±11次/min,平均心率为154±7次/min。全场中跑动高于170次/min以上的心率时间占总时间的18.91%±8.19%,说明我国优秀女子曲棍球运动员在场上比赛的激烈程度很高,对抗强度也很高。

2. 前锋、前卫和后卫不同位置的运动员在比赛中全场移动总距离、最大速度、最大心率和平均心率都没有显著性差异。表明现代曲棍球运动全攻全守的打法,对各个位置运动员的体能要求都很高。

3. 我国优秀女子曲棍球运动员比赛中达到全力冲刺次数平均为5次,与国际高水平队存在一定差距,要注意发展运动员的快速冲刺能力。

4. 速度为3m/s~5m/s的中速跑动占全场跑动总距离的30%。在训练中要强调这部分跑动的重要性,这样才能更有机会抓住比赛的主动性,创造更多的进攻机会。

5. 全场比赛中低强度运动方式,即慢跑、走动和休息

的时间占总时间的82%,占到了全场总移动距离的64%。表明有氧代谢供能是曲棍球运动员最基本、最主要的供能系统。

6. 对重点运动员进行了针对性的分析,对于针对性地改善训练有重要指导意义。

参考文献:

- [1] 程冬美,于少华,郡长安,等.曲棍球运动规律与我国曲棍球运动发展研究[J].中国体育科技,2004,40(6):67-69.
- [2] 冯连世,冯美云,冯炜权.优秀运动员身体机能评定方法[M].北京:人民教育出版社,2003:536-537.
- [3] 顾晓敏,刘丹.中国国家队女子足球运动员比赛活动距离特征的研究[J].中国体育科技,2008,44(4):66-69.
- [4] ASTORNO T A, TAM P A, RIETSCHER J C, *et al.* Changes in physical fitness parameters during a competitive field hockey season[J]. J Strength Cond Res, 2004, 18(4): 850-854.
- [5] BANGSBO J, MOHR M, KRUSTRUP P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player [J]. J Sports Sci, 2006, 24(7): 665-674.
- [6] GABBETT T J. GPS analysis of elite women's field hockey training and competition [J]. J Strength Cond Res, 2010, 24(5): 1321-1314.
- [7] HINRICHS T, FRANKE J, VOSS S, *et al.* Total hemoglobin-mass, iron status, and endurance capacity in elite field hockey players[J]. J Strength Cond Res, 2010, 24(3): 629-638.
- [8] LARSSON P, HENRIKSSON-LARSEN K. The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering [J]. Med Sci Sports Exe, 2001, 33(11): 1919-1924.
- [9] JENNINGS D, CORMACK S, COUTTS A J, *et al.* Variability of GPS units for measuring distance in team sport movements[J]. Int J Sports Physiol Perform, 2010, 5(4): 565-569.
- [10] MACLEOD H, MORRIS J, NEVILL A, *et al.* The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey[J]. J Sports Sci, 2009, 27(2): 121-128.
- [11] MADDISON R, NI MHURCHU C. Global positioning system: a new opportunity in physical activity measurement[J]. Int J Behav Nut Phys Act, 2009, 6(11): 73-80.
- [12] MACLEOD H, MORRIS J, NEVILL A, *et al.* The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey[J]. J Sports Sci, 2009, 27(2): 121-128.