

羽毛球专项选手 Y 字型六拍、 九拍测试的时空特征及生理反应研究^①

陈 璟

四川建筑职业技术学院, 四川 德阳 618000

摘要:为探讨间歇有氧力竭训练对体育教育专业男子羽毛球专项选手的运动表现与生理反应的影响,选择从事男子羽毛球单、双打运动员各 8 名,先在跑步机上进行最大摄氧量测试,接着以平衡次序法分别让 2 组受试者完成羽毛球 Y 字型 6 拍、9 拍现场有氧间歇力竭性测验。结果显示:单打组在 6 拍测试完成总时间、趟数和距离皆明显优于双打组,而每个 6 拍和 Y 字型的完成时间上单、双打无差异;9 拍测验的所有运动表现指标单、双打无差异;单、双打组在 6 拍、9 拍测验所获摄氧量、心率、乳酸、RPE 用力感觉均无明显差异,但单打组在 6 拍测验时的摄氧量、乳酸、RPE 增加程度均明显比 9 拍测验要小,而双打组在 6 拍测验时仅摄氧量上升的幅度比 9 拍的小。可见,单、双打羽毛球选手现场有氧力竭检测具有相同移动速度及生理反应,但单打选手有氧耐力和运动效率优于双打选手,在 6 拍、9 拍测试时有更好的运动表现。

关键词:羽毛球运动;间歇有氧训练;运动表现;生理反应

中图分类号: G847

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)10-0128-06

羽毛球是一种结合高强度运动与短暂休息的间歇式长时间竞赛项目,它的比赛形式可分为单打及双打。此种分组会使羽毛球员必须依据其比赛的特殊性来进行体能及技战术训练。颜炳国等^[1]发现双打比赛的来回球速较单打快、攻势凌厉、变化多,而在单打比赛过程中,其进行的节奏较双打比赛缓慢且其运动的时间较长。Jin Hua 等^[2]发现单打比赛时的心跳率明显高于双打比赛,单打比赛的移动距离和每球击球时间等指标明显大于双打比赛。Werkiani 等^[3]研究指出,羽毛球选手除须具备快、狠、准的能力之外,在体能上也需以较佳的有氧及无氧能力作为后盾,才具有制敌机先的本钱。一场正规羽毛球单打比赛中,约 30%~40%的能量来源于无氧系统提供,其余 60%~70%则由有氧系统供应^[4]。李裕和等^[5]研究发现,一场羽毛球单打比赛所花费的时间平均约 28.0±5.2 min(不含局与局间的休息时间),比赛与休息时间比约 1:2,每球来回平均的拍数约为 12 拍。Ozmen 等^[6-7]认为,羽毛球比赛过程中的间歇休息时间较长,乳酸不断生成又不断消除,故比赛结束后的血乳酸累积量不多。蒋晓玲、林建康等^[8-9]研究显示,评价羽毛球运动特殊性应从专项体能、比赛时间结构、比赛动作结构及能量代谢系统等方面着手。

目前评估羽毛球专项能力指标主要 4 种方法^[10-11]:固定 6 点(米字形)随机亮灯跑、固定 3 点(Y 字型)连续渐增跑、4 点(羽毛球半场的四角移动)耐久性跑及 3,6,9 拍专项有氧间歇力跑。由于固定式 6 点、3 点及 4 点耐久性测验基本都是渐增强度方式,其操作过程与实际竞赛情境有一定差别,且有些测验需要特殊设备,故其实用性不强。Faude 等^[12]让羽毛球选手直接背携气体分析器进行单打模拟比赛,但受试者因配

① 收稿日期:2016-10-26

作者简介:陈 璟(1977-),女,重庆人,副教授,主要从事学校体育学、体育教育训练学和社会体育学研究。

戴着仪器往往会影响到实际实验结果。陈信良等^[11]考虑到羽毛球现场测试的便利性 & 比赛特殊性，以大学生男子为对象进行固定 3 点(Y 字型)不同拍次(3,6,9 拍)现场有氧间歇力竭实测(每完成一趟就休息 13 s)，结果发现 6 拍、9 拍与跑步机上测得的最大摄氧 VO_{2max} 衰竭跑结果高度相关。加上 6 拍、9 拍测验是目前较接近实际比赛情境且施测简易，故其方法很快被学者采纳作为评估羽毛球选手专项有氧能力的经典检测方式之一。然而，到目前为止，我们未能查到有学者针对实际羽毛球比赛规则的男(女)子单、双打分组做研究的文献，而且实际羽毛球比赛按性别进一步可分为单、双打，这 2 种不同组别在实际比赛时的能量和体能要求程度、运动移动属性、打法、场地大小及技战术等方面都不一样。基于此，本研究以体育教育专业男子羽毛球专项选手为对象，对受试者采用羽毛球现场间歇有氧力竭性测试，以进一步验证单、双打选手在进行 6 拍和 9 拍测验所引起的生理压力及时空特征是否相同。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

以 16 位体育教育专业男子羽毛球专项选手(单、双打各 8 名)为实验对象。受试者是自愿参与本次研究，实验前向其说明研究目的、方法、可能风险及相关实验流程，并征询其同意后签署受试者实验协议书。

1.2 实验步骤

1) 受试者每次到达实验地点后，先休息 20 min，再测其安静心率(HR)及血乳酸(LA)值，以确保其在每次测验前的 HR 和 LA 值在正常范围内。接着让受试者穿戴 polar 运动表(Polar S610TM，芬兰)，统一进行 15 min 钟热身，完后进行运动测验，共进行 3 次测试，即最大摄氧 VO_{2max} 、6 拍及 9 拍有氧力竭性测验，每次测验间隔为 24 h 以上。

2) 受试者的第一次测试是在跑步机上进行的，目的是测量个体最大摄氧量，之后休息一天。接着以平衡次序法，手持球拍分别进行第二次羽毛球 Y 字型 6 拍及第三次羽毛球 Y 字型 9 拍专项有氧间歇动力测验(每次测验均做到衰竭为止)，第二次与第三次实验间歇时间为一天。

3) 受试者测验时的移位顺序：从中心点(A)移动至右前方标示区(B)，再从 B 返回 A；然后由 A 移至左前方标示区(C)，再返回 A；接着由 A 移至正后方标示区(D)，再返回 A，即为受试者完成一趟 Y 字型动作。连续跑完二三趟 Y 字型的动作，即分别为 6 拍、9 拍测验的一回合。而 B,C,D 及 A 等标示区的半径各为 15 cm，B,C 和 D 距离 A 的距离定为 3 m。

4) 完成测验的条件要求：受试者在移动至 B 和 C 时，要求必须持拍做出放小球的动作并碰触到羽毛球网；当受试者移动至 D 时，必须做出跳跃杀球动作；第一个回合过程中，受试者身体必须越过上述 4 个标记区的上方。

5) 受试者每完成一趟 6 拍、9 拍测验时，就统一休息 13 s，受试者被要求重复此方式直至衰竭。此检测方式的设计与羽毛球比赛实际情境较吻合，因为单打比赛中，每球间的休息时间一般约 13 s，每球完成时间平均约 6 s(运动时/休息时约为 1：2)。

1.3 指标测试

运动自主性衰竭的判定标准：运动自觉量表(rating of perceived exertion, RPE)RPE 值达到 18，HR 变化值达到 <15 次/min 及 LA 值达到正常血乳酸值的 6 倍以上等，符合以上 3 个条件中的 2 项，即判定受试者达到衰竭^[11]。

1) RPE 是在每次运动测验自主性衰竭时立即测量；HR 是以 Polar 运动表全程记录运动测验时的最高 HR 值；最大摄氧量(VO_{2max})的测试则安排在每次运动至衰竭后的第 30 s，立即使用能量代谢分析测量系统(Vmax29c Series，美国)进行 2 min 采气以获得摄氧量最大值；血乳酸测试是在每次运动衰竭结束后的第 3 min，使用乳酸分析仪(Lactate ProTM，日本)，取指尖血进行分析获得。

2) 记录每次运动至衰竭过程中所完成总时间、每个 Y 字型和 6 拍或 9 拍的完成时间、趟数和距离。其

中总时间、每个 Y 字型和 6 拍或 9 拍的完成时间均使用秒表纪录, 趟数则是以目测统计方式于现场记载.

1.4 数理统计法

运用 SPSS 16.0 对 2 次 6 拍、9 拍测验数据(完成时间、趟数、距离、 HR 、 RPE 、 LA 和 VO_{2max})进行相关的统计分析, 所有统计指标 $p\leqslant 0.05$ 时有统计学意义.

2 研究结果

2.1 重测信度检验

正式实验前一周进行一次预实验测量, 以检验每一个测量指标的重测信度. 表 1 显示:

1) 两次 6 拍测验中各指标相关系数 r 都在 0.75 以上, 且变异系数 CV 均在 7% 以内, 说明 6 拍实验设计相关指标重测信度较好.

2) 两次 9 拍测验中各指标相关系数 r 都在 0.73 以上, 且变异系数 CV 均在 8% 以内, 说明 9 拍实验设计相关指标重测信度亦较好.

表 1 重复测试所得重要参数的相关系数与变异系数统计表(r 表示相关系数; CV 表示变异系数)

	总时间 T		6 拍时间 T		每个 Y 型 T		总趟数		总距离		摄氧量 O_2		心率 HR		血乳酸 LA		RPE 值	
	r	CV	r	CV	r	CV	r	CV	r	CV	r	CV	r	CV	r	CV	r	CV
6 拍测试	0.84	5.4%	0.80	6.4%	0.86	3.4%	0.90	5.3%	0.86	5.2%	0.84	6.4%	0.79	6.1%	0.87	5.9%	0.81	5.1%
9 拍测试	0.74	7.2%	0.84	6.5%	0.91	3.7%	0.85	6.8%	0.82	7.8%	0.88	5.8%	0.84	6.7%	0.81	5.6%	0.80	6.1%

2.2 单、双打 6、9 拍时空变化特征分析

表 2 显示:

1) 在 6 拍测验中的总完成时间、趟数和距离 3 项指标中, 单打组明显长于双打组, 这说明单打组选手的有氧耐力及运动表现优于双打组;

2) 在每趟 6 拍完成时间及每 Y 字型完成时间两方面单打组与双打组差异无统计学意义($p>0.05$); 在 9 拍测验中完成总时间 T 、6 拍完成时间、每个 Y 字型完成时间、完成总趟数及完成总距离差异无统计学意义($p>0.05$). 显然, 6 拍、9 拍完成时间及每个 Y 字型完成时间单、双打均无差异说明单、双打选手的移动速度相同.

表 2 单、双打组 6 拍及 9 拍测试引起的时空特征变化统计表

	6 拍测试运动表现			9 拍测试运动表现		
	单打组	双打组	检验 p 值	单打组	双打组	检验 p 值
总完成时间/s	89.75±42.15	64.77±45.16	$p=0.007^{**}$	114.33±60.28	117.01±71.56	$p=0.12$
6 拍完成时间/s	12.14±2.24	12.65±0.87	$p=0.35$	18.02±1.49	19.11±1.36	$p=0.36$
每个 Y 字型完成时间/s	3.26±0.34	2.97±0.59	$p=0.31$	2.89±0.25	2.91±0.37	$p=0.37$
完成总趟数/次	37.05±7.59	27.14±5.25	$p=0.004^{**}$	17.88±8.14	18.69±5.78	$p=0.44$
完成总距离/m	1327.14±213.5	958.62±167.6	$p=0.000^{***}$	968.02±358.64	971.56±262.48	$p=0.61$

2.3 单、双打 6 拍、9 拍生理变化特征分析

表 3 显示:

1) 单、双打组在 6 拍、9 拍测验后, 最大摄氧量 VO_{2max} 、心率 HR 、乳酸 LA 、自觉费力 RPE 等 4 项指标差异无统计学意义($p>0.05$).

2) 6 拍单与 9 拍单打比较后发现, 最大摄氧量 VO_{2max} 、乳酸 LA 、自觉费力 RPE 值差异具有统计学意义.

6 拍双打与 9 拍双打比较后发现, 只有最大摄氧量 VO_{2max} 差异具有统计学意义.

表 3 单、双打组 6 拍及 9 拍测试引起的生理指标变化统计表

	6 拍测试运动表现			9 拍测试运动表现			混合检	
	单打组	双打组	检验 <i>p</i>	单打组	双打组	检验 <i>p</i>	单 6\9	双 6\9
<i>HR</i> /(次·s ⁻¹)	194.16±10.36	197.58±11.52	<i>p</i> =0.15	197.14±9.24	196.58±9.25	<i>p</i> =0.31	0.10	0.29
最大摄氧量	38.58±7.45	40.57±9.14	<i>p</i> =0.08	41.25±9.14	43.22±7.45	<i>p</i> =0.18	0.04*	0.005**
乳酸 <i>LA</i> /(mmol·L ⁻¹)	12.58±3.21	12.91±3.27	<i>p</i> =0.38	13.69±5.26	14.78±4.15	<i>p</i> =0.26	0.007**	0.19
自觉费力 <i>RPE</i>	18.82±2.04	17.89±1.63	<i>p</i> =0.077	19.54±0.99	19.87±1.47	<i>p</i> =0.30	0.003**	0.22

3 分析与讨论

3.1 从时空变化特征看

本研究发现，单、双打组每趟 6 拍测试及每个 Y 字型完成时间无显著差异，但单打组 6 拍测试总完成时间、趟数及距离显著高于双打组。据 Boesen 等^[10]以羽毛球单打半场四点（四角）持续移动至力竭作为评估羽毛球选手现场体能测验中发现：单打选手在测验完成持续时间明显比双打选手长得多。盛怡等^[13]在探讨羽毛球选手正规比赛时场上移动总距离时发现：单打选手在一场羽毛球比赛中的总完成距离明显高于双打选手，且单打比赛选用上手击球动作几乎是双打比赛时的两倍多，双打比赛出现网前球的情形比单打比赛多 17%。故本研究 6 拍测验方式与 Anders 及盛怡的方法有差异，但结果却非常类似。

本研究发现，单、双打组在进行 6 拍羽毛球测验所引起的相同程度生理反应及单打组在 6 拍测验的总完成时间、趟数和距离均明显优于双打组来看，可初步反应出单打选手的有氧间歇动力的效率优于双打选手的表现。这些发现与 Cheng 等^[14-15]学者的研究成果并不一致。后者利用半场左右两侧折返跑搬运羽毛球测验方式评估单、双打羽毛球选手的专项技能时发现：双手选手的运动能力明显优于单打选手，表现为双打组选手移位速度比单打组快；而羽毛球场地半场米字形搬运羽毛球测验中，单打选手的运动表现则与双打选手无差异。但本研究是让受试者进行类似羽毛球比赛最常出现的主要移位路线（Y 字型）并在测验时要求受试者以持拍击球动作进行的。加上考虑到实际羽毛球比赛的间歇情境，受试者在进行羽毛球 6 拍（2 个 Y 字型）有氧间歇衰竭测验过程中，每完成一次 6 拍测验，就给予 13 s 的休息，以反应羽毛球单打比赛的间歇模式。此外，本研究在测验过程中，受试者每次向前移动至左前（C）和右前（B）位置时，必须做出放小球（触球网最上方）的动作，在移至正后方（D）位置时须做出跳跃杀球的动作。基于以上的实验设计比较，笔者认为本实验设计的测试方法更接近羽毛球竞赛环境，因此实验结果更加可信。

本研究发现，单、双打组在 9 拍测验时的总完成时间、趟数和距离都无差异，这显示出与 6 拍测验成绩是不一致的。究其原因这很可能与测验时所采用的运动持续时间不同所引起的，每趟 6 拍测验完成时间约为 12 s 左右，而每趟 9 拍测验完成的时间约为 19 s 左右，还有就是单、双打进行 6 拍、9 拍测验时的运动与休息时间比也不相同，其中 6 拍测验时，平均每运动 12 s 就休息 13 s，而 9 拍测验时，平均每运动 19 s 才给予 13 s 的休息。李裕和等^[5,12]发现，优秀羽毛球选手在进行单打比赛时的运动休息比约为 1：（1.2~2.0），单、双打选手进行 6 拍（1：1.1）有氧间歇力竭测验的运动休息比值比使用 9 拍测验（1：0.7）来得大。故这 2 个因素可能是造成 6 拍、9 拍测验的运动表现指标间主要影响因素。

3.2 从生理变化特征看

众所周知，VO_{2max}、*HR*、*LA*、*RPE* 是目前运动生理学研究中最常被用来作为评估运动测验反应的重要参数，现这些分析技术已被普遍运用到运动竞赛现场。单、双打羽毛球选手进行 6 拍、9 拍有氧间歇力竭测试所测得的上述 4 项生理反应值，是可以直接与实验室控制严谨的所测相同生理评估指标值进行比较，进而了解不同测验对相同生理评估指标所引起的反应程度^[10-11,13,16]。由于受实验条件及实战现场所约束，本研究只好选择在 6 拍、9 拍羽毛球现场有氧力竭测验后的第 30 s 才进行气体收集，故可能使 6 拍、9 拍测验所获得的最大摄氧 VO_{2max} 要比真实值小些。本研究采用 6 拍、9 拍的羽毛球现场（接近羽毛球选手移动的运动方式）测试与实验控制严谨的最大

摄氧跑台运动测验(传统测试方法)虽然方式不同,但本研究所采用方法应该比传统法更加接近羽毛球选手有氧间歇动力表现的实际评估。有学者研究指出,单打选手的技术和体能、杀球、切球和坐姿体前弯皆优于双打组,进而推测单打选手在比赛的战术常需要采用长攻短吊、攻守变化多的持久战方式来进行比赛,因而会使单打选手比双打选手形成较佳的体能水平。基于此,本研究通过运动现场所测得的初步数据同样反应出单打选手比双打选手具有较佳的有氧间歇耐力。

另一方面,从运动测验对人体产生生理压力观点来看,Bob 指出^[17],只有让运动员维持一个足以造成乳酸堆积($12\sim 16\text{ mm/L}$)的高水平速度运动,才会在极酸化的情况下提升有氧能力。但本研究所测得的乳酸 LA 值看,单、双打选手在 6 拍、9 拍有氧间歇力竭实验中所产生的 LA 确实达到了这个水平,这意味着两项现场测验方式对提升单、双打选手的有氧能力是有帮助的,从而支持了羽毛球运动是一项高强度且间歇性的耐乳酸运动观点^[9]。故建议未来研究可继续针对 6 拍、9 拍有氧间歇力竭训练对提升羽毛球选手的运动表现及耐乳酸能力做深入探究。

4 结 论

1) 羽毛球专项 6 拍、9 拍有氧间歇力竭测验中,单、双打选手的移动速度并无明显差异;单打选手在 6 拍总完成时间、趟数和距离成绩优于双打组,且 6 拍测验中单打组选手的 LA 和 RPE 值均明显比双打组低。

2) 羽毛球 6 拍有氧间歇力竭性测试方式所获总完成时间、趟数和距离等参数可作为评估羽毛球单打选手有氧间歇能力的重要指标。

参考文献:

- [1] 颜炳国,管 颖. 世界羽毛球优秀选手李宗伟 VS 谌龙技战术特征对比研究 [J]. 中国学校体育, 2015, 2(5): 63—70.
- [2] JIN H, XU G P, ZHANG J X, et al. Athletic Training in Badminton Players Modulates the Early C1 Component of Visual Evoked Potentials: A Preliminary Investigation [J]. International Journal of Psychophysiology, 2010, 78(3): 308—314.
- [3] WERKIANI M E, ZAKIZADEH B, FEIZABADI M S, et al. Review of the Effective Talent Identification Factors of Badminton for Better Teaching to Success [J]. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2012, 31(2): 834—836.
- [4] WANG C H, TSAI C L, TU K C, et al. Modulation of Brain Oscillations During Fundamental Visuo-Spatial Processing: A Comparison Between Female Collegiate Badminton Players and Sedentary Controls [J]. Psychology of Sport and Exercise, 2015, 16(3): 121—129.
- [5] 李裕和,林文弢. 羽毛球比赛时间结构与供能特点的研究 [J]. 广州体育学院学报, 1997, 17(3): 26—31.
- [6] OZMEN T, AYDOGMUS M. Effect of Core Strength Training on Dynamic Balance and Agility in Adolescent Badminton Players [J]. Journal of Bodywork and Movement Therapies, 2016, 20(3): 565—570.
- [7] 唐 辉. 优秀羽毛球运动员训练的生理、生化指标评价 [J]. 北京体育大学学报, 2005, 28(8): 1093—1094.
- [8] 蒋晓玲,张蕴馄,王 斌,等. 江苏男子羽毛球运动员冬训期间身体机能的生化评定 [J]. 体育与科学, 2002, 23(3): 58—60.
- [9] 林建棣,雷蓉蓉,刘林丰,等. 我国羽毛球运动员的某些血液生化指标与身体机能特征及现状的研究 [J]. 体育科学, 1995, 15(4): 40—41.
- [10] BOESEN A P, BOESEN M I, KOENIG M J, et al. Evidence of Accumulated Stress in Achilles and Anterior Knee Tendons in Elite Badminton Players [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2011, 19(1): 30—37.
- [11] 陈信良,吴昶润,林明儒,等. 羽球现场多点无氧动力测验与温盖特脚踏车测验的相关 [J]. 运动生理暨体育学报, 2008(8): 91—103.
- [12] FAUDE O, MEYER T, ROSENBERGER F, et al. Physiological Characteristics of Badminton Match Play [J]. European Journal of Applied Physiology, 2007, 100(4): 479—485.
- [13] 盛 怡,戴金彪. 高水平羽毛球单打运动员比赛时空运用特征研究 [J]. 广州体育学院学报, 2015, 35(2): 73—78.
- [14] CHENG C H, CHEN R W, CHEN L Y, et al. Biomechanical Analysis Into the Differences Between the Skilled and

Non-Skilled Badminton Players Performing the Overhead Stroke [J]. *Physiotherapy*, 2015, 101(S1): eS233.

[15] 陈 滔. “2010/2011 顶级羽毛球赛”男子单打运动员技战术分析 [J]. *广州体育学院学报*, 2013, 33(5): 78—82.

[16] ALDER D, FORD P R, CAUSER J, et al. The Coupling between Gaze Behavior and Opponent Kinematics During Anticipation of Badminton Shots [J]. *Human Movement Science*, 2014, 37: 167—179.

[17] CHEN B, MOK D, LEE W C C, et al. High-Intensity Stepwise Conditioning Programme for Improved Exercise Responses and Agility Performance of A badminton Player with Knee Pain [J]. *Physical Therapy in Sport*, 2015, 16(1): 80—85.

Spatial and Temporal Characteristics and Physiological Response of Intermittent Aerobic Exhaustive Training in Badminton Players

CHEN Jing

Sichuan College of Architectural Technology, Deyang Sichuan 618000, China

Abstract: To explore the spatial and temporal characteristics and physiological response of intermittent aerobic training in badminton players. Badminton singles (n=8) and doubles (n=8) voluntarily participated in this study. The maximum uptake oxygen was measured on treadmill, and then the singles and doubles players performed Y-shaped 6, 9 shot of aerobic intermittent exhaustive training test in the field. 1) Total time, number of passes, and distance in singles was remarkable better than that in doubles, 2) there was no difference in each completion time of 6 shot and Y-shaped test between singles and doubles, all athletic performance indicators in 9 shot test were no difference between both groups, 3) there was no significant difference in oxygen uptake, heart rate, blood lactate, RPE in 6 and 9 shot between singles and doubles, however, the degree of increase of oxygen uptake, blood lactate and RPE was obviously smaller in 6 shot than in 9 shot in group singles, however, only oxygen uptake was smaller in 6 shot than in 9 sot in group doubles. The movement speed and physiological response in aerobic exhaustive test was identical in singles and doubles in the field test, and the aerobic endurance and efficiency of movement in singles was better than that in doubles, the athletic performance in singles was better than that in doubles in 6 and 9 shot test.

Key words: badminton sports; intermittent aerobic training; athletic performance; physiological response

责任编辑 胡 杨 崔玉洁