



羽毛球单打比赛时间结构与能量供应特征的研究综述及训练启示

Temporal Structure and Energy Supply Characteristics of Singles Badminton Matches: Review and Training Insights

王适娴¹, 郭振向^{2*}

WANG Shixian¹, GUO Zhenxiang^{2*}

摘要:通过综述国内外相关文献,总结羽毛球单打比赛的时间结构和能量供应特征并结合经验得到训练启示。研究显示:男单比赛的持续时间约为24.5~78.0 min、实际比赛时间约为7.2~17.7 min、回合时间约为5.6~12.1 s、每回合拍数约为6.5~12.0、回合间的间歇约为17.3~45.5 s;女单比赛的持续时间约为28.3~61.3 min、实际比赛时间约为8.2~13.3 min、回合时间约为7.8~13.0 s、每回合的拍数约为6.6~10.5、回合间的间歇时长约为17.6~36.6 s。单打比赛中的平均心率(HR_{mean})能达到实际最大心率的80%以上,而最大心率(HR_{max})更是能达到90%以上。峰值血乳酸浓度可达到3.2~10.1 mmol/L。摄氧量约为最大摄氧量($\dot{V}O_{2max}$)的72%~76%。训练启示:单打比赛的时间结构和能量供应特征可以作为明确训练负荷的依据。在专项训练方面,建议男单延长有球训练时间,进行分段训练,提高运动员在相持阶段中的变速能力和以赛代练;女单可以在拉长训练时间的基础上适当增加一些变速训练,增加击球准确性的训练,参考男单的多球训练和以赛代练来提高竞技能力以及对比赛的掌控能力。在体能训练方面,可以使用依据时间结构特点来设置参数的高强度间歇训练作为训练方法。在训练转化方面,可以采取由基础储备到专项融合的训练策略将训练能力转化到比赛的运动表现中。

关键词:羽毛球;单打比赛;时间结构;能量供应

Abstract: Through a literature review to summarize the temporal structure and energy supply characteristics of singles badminton matches and obtain training insights combined with training experience. The study shows that: The duration of the men's singles match is about 24.5 to 78.0 min, the real match time is about 7.2 to 17.7 min, the rally time is about 5.6 to 12.1 s, the shot per rally is about 6.5 to 12.0, and the interval between rallies is about 17.3 to 45.5 s; the duration of women's singles match is about 28.3 to 61.3 min, the real match time is about 8.2 to 13.3 min, the rally time is about 7.8 to 13.0 s, the shot per rally is about 6.6 to 10.5, and the interval between rallies is about 17.6 to 36.6 s. The mean heart rate (HR) in singles matches can reach more than 80% of the actual HR_{max} , and the maximum HR can reach more than 90%. The peak blood lactate can reach 3.2 to 10.1 mmol/L, and the oxygen uptake is about 72% to 76% $\dot{V}O_{2max}$. Training insights: The temporal structure and energy supply characteristics of singles matches can be used as a basis for clarifying the training load. In terms of special training, it is suggested that men's singles should extend the training time with balls, conduct segmented training, improve the players' ability to change speed during the phase of holding, and train with matches; women's singles can increase some variable speed training, increase the training of hitting accuracy, multi-ball training refers to the men's singles, and train with matches based on lengthening the training time to improve the competitive ability and the ability to control the game. In terms of physical training, high-intensity interval training with parameters based on temporal structure characteristics can be used as a training method. In terms of training transformation, a transformation training strategy from basic reserve to special integration can be adopted.

第一作者简介:

王适娴(1990-),女,讲师,硕士,主要研究方向为羽毛球教学与训练,E-mail:sabrinaymq@sina.com。

*通信作者简介:

郭振向(1994-),男,助教,硕士,主要研究方向为体能测评与训练,E-mail:guozhenxiang@nuaa.edu.cn。

作者单位:

1. 北京体育大学,北京 100084;
 2. 南京航空航天大学,江苏南京,210016
1. Beijing Sport University, Beijing 100084, China;
2. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China.

ed to translate training ability into athletic performance in matches.

Keywords: badminton; singles matches; temporal structure; energy supply

中图分类号:G847 **文献标识码:**A

羽毛球是一项具有高强度、短间歇特征的运动,其单打项目要求运动员在场上独自通过各种击球技术配合下肢移动步法,在接住对手击球的同时将球回击至对手不易接住的位置(Guo et al., 2021)。单打项目一直是我国的优势项目,自羽毛球成为奥运会比赛项目以来,中国国家羽毛球队共取得金牌 20 枚,其中男单 4 枚、女单 5 枚。单打比赛的时间结构和能量供应特征是指导训练的重要依据。目前,国内学者对羽毛球比赛的研究主要集中在优秀运动员的技战术分析与评价方面,鲜见对时间结构特征的研究(陈滔等, 2019; 林珑等, 2021; 刘星玉等, 2018)。同时,虽然也有研究对能量供应特征进行了探索,但大部分是关于训练模式的特征探究而不是对羽毛球比赛本身的研究,缺乏对羽毛球比赛能量供应的认识(陈璟, 2017; 李志兰等, 2012; 刘琰等, 2018; 盛怡等, 2017; 王欣欣等, 2019a)。反观国外学者则更倾向于研究时间结构和能量供应特征,不仅在时间结构特征方面针对不同年份的多个级别赛事进行了研究,也在能量供应方面通过招募不同水平的羽毛球运动员以模拟比赛的形式进行了实验研究。

基于此,本研究由 2 名研究人员采用独立双盲的方式对中国知网、PubMed 和 Web of Science 数据库进行检索,检索时间为自建库至 2022 年 3 月。中文检索主题为“羽毛球”,英文检索主题为“badminton”。检索后共得到文献 1 389 篇,其中,中国知网 639 篇, PubMed 21 篇, Web of Science 729 篇。在剔除重复文献后,根据标题或摘要筛选文献[纳入标准:1)羽毛球比赛的计分规则为 21 分每球得分制;2)与羽毛球比赛时间结构相关的研究;3)与羽毛球比赛能量供应相关的研究;排除标准:1)2007 年之前发表的文章;2)使用除 21 分每球得分制以外的计分规则],并进一步浏览全文。最终得到与时间结构特征相关的文献 11 篇,与能量供应特征相关的文献 6 篇。综述羽毛球单打比赛的时间结构和能量供应特点,并依据文献综述的结果以及笔者自身备战和参赛的经历提出相应的训练策略。

1 羽毛球单打比赛的时间结构特征

目前研究主要通过观测以下指标来反映羽毛球比赛的时间结构:比赛持续时间(从第一次发球到最后一次球落地的时间,包括所有间歇时间)、实际比赛时间(运动员在比赛中实际的击球时间,不包括任何间歇时间)、回合时间(从发球到球落地的时间)、回合之间的间歇时间(在每一局中,从上一回合球落地到下一回合发球的时间)、每回合的拍数(从发球到球落地时双方击球的总次数)等

(Abián-Vicén et al., 2013)。本研究依据上述指标对与单打比赛时间结构特征相关的研究进行归类分析。

1.1 羽毛球男子单打比赛的时间结构特征

自 2008 年北京奥运会以来,羽毛球男子单打比赛时间越来越长,2016 年里约奥运会比赛总持续时间和平均每局时长均大于 2012 年伦敦奥运会和 2008 年北京奥运会(表 1)。Abián 等(2014)和 Torres-Luque 等(2020)的研究发现,从 2008 年北京奥运会到 2012 年伦敦奥运会,男单比赛的平均回合时间变长。结合 2016 年里约奥运会的平均回合时间 $[10.23 \pm 1.88] s$ 和平均回合拍数 (8.92 ± 1.57) 发现,男单比赛的平均回合时间变得越来越长,但回合中的平均拍数却出现下降趋势。依据付庆镛等(2020)对羽毛球回合节奏的计算方法(回合节奏系数=回合击球总数 \div 持续时间)可以推算出男单比赛的回合节奏正在变慢。回合时间变长、回合节奏变慢可能有两方面原因:一方面是由于这些研究都是基于奥运会等重大比赛,运动员对比赛极其重视,因此在处理每一个球时都不容有失,所以在回合当中更多的是在试探和限制对手,双方相持阶段较长,因此回合时间变长、节奏变慢;另一方面可能是由于男单比赛进入到一个新的对抗状态,因各国运动员能力的全面提高,突破得分较难且消耗体力较大,所以相持时间变长,从而使回合时间变长、节奏变慢。

不同轮次和阶段的比赛,其时间结构特征也存在差异。通过 2016 年里约奥运会、2012 年伦敦奥运会和 2008 年北京奥运会各轮次的数据可以发现,随着比赛推进,比赛时间变长,对抗强度变大,比赛节奏加快,到决赛时达到最大(表 1)。这表明运动员需要具备良好的体能储备和疲劳恢复能力才能满足赛制的要求。不同级别赛事之间的时间结构特征也不尽相同。Valldecabres 等(2017)、Gawin 等(2015)和 Abdullahi 等(2017)分别对世锦赛男单决赛、世界羽联超级系列赛和非洲羽毛球锦标赛进行了统计分析(表 1)。纵向对比这 3 类不同级别的比赛发现,级别越高的比赛其持续时间、实际比赛时间和回合时间越长,与之对应的每回合拍数和间歇时间也越多。青少年比赛和成年人比赛的时间结构也存在很大差异。Fernandez-Fernandez 等(2013)的研究发现,青少年比赛持续时间虽然显著低于成年人比赛,但实际比赛时间的占比却比成年人比赛高,结合其回合时间 $[(6.8 \pm 4.8) s]$,每回合拍数 (6.4 ± 4.8) 和间歇时间 $[(10.5 \pm 8.8) s]$ 的数据可以推测青少年比赛更为紧凑。其原因可能是由于青少年运动员的技术水平没有成年运动员成熟,回合中的限制球路少,多拍僵持阶段少,比赛节奏较快且回合之间的间歇较短。

综上,羽毛球男单比赛的时间结构特征范围:持续时

间约为24.5~78.0 min、实际比赛时间约为7.2~17.7 min、回合时间约为5.6~12.1 s、每回合拍数约为6.5~12.0、间歇时间约为17.3~45.5 s。时间结构的变化趋势表明,现代男单比赛对运动员的有氧能力、无氧能力和疲劳恢复能力提出了更高的要求。虽纳入研究的文献主要选择的比赛样本为奥运会,但各研究之间选择的比赛场次和数量

各不相同,这就造成了各研究之间的结果具有较大差异性。后续可以针对奥运会或世锦赛等高水平赛事展开研究,将历届奥运会的时间结构进行对比,透过时间结构的发展和变化趋势来探究男单比赛特点的变化。还可以探究不同水平赛事之间的时间结构差异,以此来帮助教练员制定更符合比赛需求的训练计划。

表1 羽毛球男子单打比赛的时间结构特征
Table 1 Temporal Structure Characteristics of Men's Singles Badminton Matches

研究文献	比赛 (场、局数)	比赛(局)持续时间	实际比赛时间/s	回合时间/s	每回合的拍数	间歇时间(回合)/s
Abián-Vicén et al., 2013	北奥(10)	All:(2 378.0±387.9)s; 1 st :(1 128.3±256.5)s; 2 nd :(1 121.0±214.0)s	All:613.7±80.1; 1 st :310.5±40.7; 2 nd :303.3±52.3	1 st :9.0±0.9; 2 nd :9.1±1.4	1 st :9.7±0.8; 2 nd :9.9±1.4	1 st :24.1±3.8; 2 nd :25.2±4.6
Abián et al., 2014	北奥(20)	(1 124.6±229.9)s	306.9±45.7	9.0±1.1	9.8±1.1	24.7±4.3
Laffaye et al., 2015	北奥(1)	39 min	25.3%±1.8%	9.3±0.9	10.8±1.0	30.3±2.0
Abián et al., 2014	伦奥(20)	(1 260.3±267.1)s	354.7±87.5	10.4±2.1	11.1±2.2	26.7±4.6
Laffaye et al., 2015	伦奥(1)	78 min	22.7%±1.4%	10.1±0.7	12.0±0.9	33.5±1.5
Torres-Luque et al., 2020	伦奥(16)	All:(55.87±15.68)min; 1 st :(21.40±5.15)min; 2 nd :(22.18±4.54)min; 3 rd :(25.60±2.63)min	—	All:10.56±2.58; 1 st :10.56±2.58; 2 nd :10.06±2.31; 3 rd :10.40±3.74	All:8.25±1.70; 1 st :8.62±1.68; 2 nd :8.43±1.60; 3 rd :9.60±1.95	—
Torres-Luque et al., 2020	里奥(13)	All:(58.76±18.75)min; 1 st :(21.61±5.37)min; 2 nd :(23.84±6.41)min; 3 rd :(29.40±3.80)min	—	All:10.23±1.88; 1 st :10.30±2.34; 2 nd :10.23±1.60; 3 rd :12.20±1.81	All:8.92±1.57; 1 st :8.84±2.11; 2 nd :9.00±1.74; 3 rd :10.80±1.39	—
Chiminazzo et al., 2018	里奥(56) GP(43) PoP(13)	All:(2 745.5±928.9)s; GP:(2 522.0±721.0)s; PoP:(3 464.0±1 136.0)s	All: 730.5 ± 245.5; GP: 677.7 ± 188.3; PoP: 907.7 ± 328.3	All:9.5±7.9; GP:9.3±14.3; PoP:10.7±8.7	All:10.4±1.9; GP:10.1±1.7; PoP:11.5±2.2	All:24.9±16.1; GP:25.6±21.4; PoP:30.5±23.2
Torres-Luque et al., 2019	里奥(125) GP(94) EP(31)	GP:(43.82±12.10)min; EP:(58.76±18.75)min	—	GP:9.53±2.58; EP:10.23±1.88	GP:7.95±1.45; EP:8.92±1.57	—
Valldecabres et al., 2017	世锦赛(1)	4 047.41 s	880.47 s	12.06	6.45	45.55
Gawin et al., 2015	世超赛 (10)	(49.54±19.20)min	26.5 (21.4%~31.7%)	9.3±1.5	4/2(1~28)	23.1±3.9
Abdullahi et al., 2017	非锦赛 (20)	(1 470.4±341.9)s	432.9±91.6	5.6±5.8	6.5±1.3	17.3±4.6

注:北奥.2008年北京奥运会;伦奥.2012年伦敦奥运会;里奥.2016年里约奥运会;世锦赛.世界羽毛球锦标赛;世超赛.世界羽联超级系列赛;非锦赛.非洲羽毛球锦标赛;ALL.比赛总体;1st.第一局比赛;2nd.第二局比赛;3rd.第三局比赛;GP.小组赛阶段;PoP.附加赛阶段;EP.淘汰赛阶段;下同。

1.2 羽毛球女子单打比赛的时间结构特征

现阶段关于女单比赛时间结构特征的研究少于男单比赛,所以相应的时间结构数据也较少(表2)。Abián-Vicén等(2013)通过随机抽样的方法抽取10场2008年北京奥运会女子单打胜负比分为2:0的比赛,并对其进行时间结构数据的统计分析,发现女单比赛的持续时间也出现了变长的趋势。此外,女单比赛的回合时间也在变长(Abián-Vicén et al., 2013; Torres-Luque et al., 2020)。类

似于男子单打比赛,女单在不同阶段以及不同级别的比赛中也表现出了相同的时间结构差异,具体表现为决赛阶段和附加赛阶段强度较大,越高水平的赛事强度越大,对运动员的体能要求越高。目前女单比赛的持续时间约为28.3~61.3 min、实际比赛时间约为8.2~13.3 min、回合时间约为7.8~13.0 s、每回合的拍数约为6.6~10.5、回合之间的间歇时间约为17.6~36.6 s(表2)。女单比赛总体表现出持续时间和回合时间变长、回合内的拍数增多、节

奏变快的趋势。提示,高强度间歇运动能力愈发成为影响比赛胜负的重要因素。同时有别于男单比赛,女单比赛在相持阶段中通过突破得分的效果要好于男单,所以如果女单运动员可以在多拍回合中做到变速,其得分概率就会显著增加。基于此,目前女单多采用以快为主的

打法,逐渐呈现快速的拉开突击,以及暴力式的进攻等给对方施加压力从而限制其回球质量,使得比赛节奏变快。该趋势正在影响当今世界女单的格局,也对运动员的专项体能训练提出新的要求。

表 2 羽毛球女子单打比赛的时间结构特征

Table 2 Temporal Structure Characteristics of Women's Singles Badminton Matches

研究文献	比赛(场/局数)	比赛(局)持续时间	实际比赛时间/s	回合时间/s	每回合的拍数	间歇时间(回合)/s
Abián-Vicén et al., 2013	北奥(10)	All: (1 696.1±170.4)s 1 st : (769.8±134.1)s; 2 nd : (795.5±152.7)s	493.6±70.2 1 st : 243.7±57.6; 2 nd : 249.8±53.0	1 st : 7.8±1.5; 2 nd : 8.1±1.7	1 st : 7.1±1.6; 2 nd : 7.4±1.7	1 st : 17.6±2.4; 2 nd : 18.2±3.5
Torres-Luque et al., 2020	伦奥(14)	All: (48.92±14.62)min; 1 st : (18.78±2.93)min; 2 nd : (20.28±4.22)min; 3 rd : (21.00±1.51)min	—	All: 8.71±2.94; 1 st : 9.07±3.20; 2 nd : 9.00±3.03; 3 rd : 9.75±1.38	All: 7.07±1.30; 1 st : 7.50±1.42; 2 nd : 7.50±1.71; 3 rd : 6.75±0.46	—
Torres-Luque et al., 2019	里奥(108) GP(90) EP(18)	GP: (40.11±11.88)min; EP: (50.66±13.75)min	—	GP: 9.35±2.61; EP: 10.50±1.74	GP: 6.64±1.40; EP: 7.58±1.28	—
Torres-Luque et al., 2020	里奥(12)	All: (50.66±13.75)min; 1 st : (21.58±4.32)min; 2 nd : (22.83±3.84)min; 3 rd : (26.50±5.19)min	—	All: 10.50±1.74; 1 st : 10.58±1.93; 2 nd : 10.66±2.01; 3 rd : 13.00±2.30	All: 7.58±1.28; 1 st : 7.83±1.43; 2 nd : 7.75±1.56; 3 rd : 10.50±1.73	—
Valldcabres et al., 2017	世锦赛(1)	3 680.18 s	772.56	10.03	5.40	36.59
Gawin et al., 2015	世超赛(10)	(47.28±16.35)min	29.2 (24.1%~32.9%)	9.2±1.4	4/2(1~21)	19.4±3.4

2 羽毛球单打比赛的能量供应特征

羽毛球单打比赛的时间结构特征体现出高强度和间歇性的特点,虽然回合内的强度很高,但回合间的间歇延长也可能会降低单打比赛的总体强度。Phomsoupha 等(2015)根据比赛的时间结构特征推测有氧和无氧供能的比例约为 7:3。王欣欣等(2019b)认为,羽毛球比赛能量供应比例并非来自实验研究,其可能低估了有氧供能的比例。由于羽毛球比赛会给运动员增加较大的心理压力(Alder et al., 2019),而且比赛风格也会影响比赛的特点,进而影响运动员的生理反应,所以应该在真实的比赛条件下评估能量和代谢需求。因此本研究检索了基于真实比赛的研究并汇总了相关的能量代谢和生理数据(表 3)。

2.1 供能特征

Faude 等(2007)和 Deka 等(2017)的研究表明,羽毛球比赛中由有氧代谢提供的能量约为 70%~80%。但王欣欣等(2019a)的研究却发现,在羽毛球比赛中有氧代谢供能比例高达 87.5%~95.4%,磷酸原系统供能比例为 3.6%~10.9%,而糖酵解系统供能仅为 1.0%~2.3%。Fu 等(2021)使用了同样的研究方法,发现在男单比赛中有氧供能比例为(93.25±2.98)%,磷酸原供能比例为(5.01±

1.47)%,糖酵解供能则为(1.74±1.61)%;女单比赛中有氧供能比例为(95.62±1.38)%,磷酸原供能占比为(3.51±1.09)%,糖酵解供能仅为(0.87±0.42)%。基于上述研究可以推测,一场羽毛球比赛的强度可能为 70%~80% $\dot{V}O_{2max}$ 强度,在比赛中有氧供能比例达到 90% 左右,无氧供能比例仅占 10% 左右。

2.2 心率特征

心率可以在直观反映运动负荷的同时间接推算能量代谢(Karvonen et al., 1988)。Faude 等(2007)、Phomsoupha 等(2019)和 Abdullahi 等(2019)的研究表明,高水平的专业成年男单和女单比赛对运动员的无氧供能和有氧供能能力要求极高。除此之外,Deka 等(2017)的研究发现,业余成年男单比赛的 HR_{mean} 也能达到 91% 的实际 HR_{max} ,这说明羽毛球的项目特征决定了其会对人体产生很高的运动负荷刺激。在青少年比赛方面,Ramos Álvarez 等(2016)和 Fu 等(2021)的研究均发现,无论男单和女单,在比赛中的 HR_{mean} 和 HR_{max} 均能达到自身实际 HR_{max} 的 80%~90% 以上。基于上述研究分析可知,羽毛球是一项对人体能量代谢要求很高的项目,无论是专业或者业余,男单或者女单,成年或者青少年,比赛中的 HR_{mean} 均能达到实际

HR_{max} 的80%以上,而HR_{max}更是能达到90%以上。

2.3 血乳酸特征

通过测量比赛前和比赛中的血乳酸变化也可以反映比赛的能量代谢特征。有研究报道,省级青少年男单比赛中的峰值血乳酸浓度为(3.2±2.0) mmol/L,女单则为(3.3±1.1) mmol/L(Ramos Álvarez et al., 2016)。业余男单比赛15 min后血乳酸浓度升到(8.9±4.3) mmol/L,至比赛结束时的峰值血乳酸浓度值为(10.1±5.0) mmol/L(Deka et al., 2017)。针对国际级高水平的比赛,有研究发现,比赛

进行到10 min时血乳酸浓度会由最初的(1.6±0.4) mmol/L升高到(6.9±6.3) mmol/L(Phomsoupha et al., 2019)。在羽毛球比赛中所能达到的血乳酸浓度峰值可能为3.2~10.1 mmol/L,远高于乒乓球比赛的(2.2±0.8) mmol/L和网球比赛的1.8~2.8 mmol/L(Fernandez et al., 2006; Zagatto et al., 2010)。因此,羽毛球比赛的无氧代谢较多且多于其他持拍类项目,这表明羽毛球运动员不仅要具备耐受高乳酸的能力,还需要很强的乳酸廓清能力。

表3 羽毛球单打比赛的能量代谢和生理学参数

Table 3 Energy Metabolism and Physiological Parameters of Singles Badminton Matches

类别	受试者(n)	HR _{mean} /(次·min ⁻¹)	HR _{max} /(次·min ⁻¹)	La _{peak} /(mmol·L ⁻¹)	VO ₂ /(mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	研究文献
男子单打	国际级(4)	166±9(90.3%±3.7%)	—	—	46.0±4.5(74.8%±5.3%)	Faude et al., 2007
	省青级(12)	168.9±13.0(≈86.4%)	188.1±1.5(≈96.3%)	3.2±2.0	—	Ramos Álvarez et al., 2016
	业余级(14)	167.9±9.4(≈91%)	—	10.1±5.0	34.4±5.8(≈76.1%)	Deka et al., 2017
	国家级(21)	157.1±13.9	188.7±11.7	—	—	Abdullahi et al., 2019
	国际级(12)	168.3±13.2(≈85%)	—	6.9±6.3	—	Phomsoupha et al., 2019
	国青级(8)	162.4±18.4	194.5±15.0	—	—	Fu et al., 2021
女子单打	国际级(8)	170±10(88.4%±5.1%)	—	—	36.4±2.8(72.6%±7.2%)	Faude et al., 2007
	省青级(7)	179.0±6.0(≈89.1%)	197.3±3.1(≈98.2%)	3.3±1.1	—	Ramos Álvarez et al., 2016
	国青级(6)	171.2±8.9	198.5±4.8	—	—	Fu et al., 2021

注:HR_{mean},平均心率;HR_{max},最大心率;La_{peak},峰值血乳酸浓度;VO₂,摄氧量;括号中数据是指在比赛过程中,运动员的平均心率、最大心率和摄氧量占其自身实际最大心率和最大摄氧量的百分比。

综上所述,羽毛球比赛的能量代谢呈现出以有氧代谢供能为主、无氧代谢供能为辅的特征;同时结合高心率和高血乳酸特征及前文综述的羽毛球比赛回合与间歇时间特征可以推测,虽然无氧代谢供能比例低,但该供能途径在竞技表现方面起主导作用以满足比赛高强度对抗的需求。比赛中大量的有氧代谢供能保证了运动员在间歇期快速恢复并储存磷酸肌酸,以满足下一回合的能量供应(Bishop et al., 2004; Gomez et al., 2020)。所以有氧代谢(约占90%)和无氧代谢(约占10%)是运动员在羽毛球比赛中的主要供能途径。现阶段鲜见关于真实比赛情境下羽毛球的能量代谢特征的研究,后续可开展更多研究来明晰羽毛球比赛的能量代谢特征,以帮助教练员制定更加精准的训练方案。

3 训练启示

羽毛球单打比赛对运动员有氧、无氧和疲劳恢复能力的要求很高,因此在训练备战的过程中,应结合单打比赛时间结构和能量供应特征来设计专项训练和体能训练方案。笔者结合自身备战奥运会和其他国际重大比赛的经历以及相关文献研究成果,提出以下训练启示。

3.1 羽毛球单打比赛时间结构和能量供应特征对于训练负荷安排的启示

明确训练负荷与比赛实际负荷的关系是制定训练策略的前提。通过研究可知,羽毛球比赛的本质是一项具有较长持续时间的高强度间歇运动。虽然每个回合之间有间歇,但比赛的实际负荷会保持在一个相对较高的强度(图1)。笔者在国际赛场与国外优秀女单运动员同场竞技时,会因为自身无法在持续多次的高强度对抗中保持良好的竞技状态而落于下风,尤其是遇到速度快、力量大的对手时,更高强度的对抗导致这种现象愈加明显。这既反映出笔者当时无氧能力和疲劳恢复能力不足,又显示备战比赛过程中的训练负荷并没有达到实际比赛的要求。回顾伦敦和里约2个奥运备战周期发现,在这期间的训练负荷并没有达到实际比赛的要求。在备战训练过程中有2种负荷模式的训练:1)只重视运动强度,即在训练过程中达到了比赛的实际强度,但是持续的时间并没有达到比赛的要求;2)只重视持续时间,即虽然有足够的训练时长但强度并没有达到比赛的要求(图1)。这都会使运动员在比赛中出现无法持续保持高强运动以及疲劳恢复慢的问题。因此,在制定训练计划时应考虑运动员在训练中的强度是否达到比赛的强度,同时该训练的持续时间也要匹配比赛需求。

3.2 羽毛球单打比赛时间结构特征对专项训练的启示

3.2.1 男子单打的专项训练方法

基于男单比赛时间结构特征的启示及自身训练经验提出以下几点专项训练的建议与方法:1)延长有球训练时间。有球训练包括技术训练和战术对抗训练,在技术训练方面可以延长技术线路组合训练的整体时间,如将过渡抓突击训练的 20 min×2 组延长为 30 min×2 组,从而更加贴近比赛的实际情况;在战术对抗训练方面既可以按照赛制比分的设定来完成整场战术对抗,也可以参考时间结构特征来进行战术对抗训练。由于训练时间延长会增加运动员的疲劳程度从而增加受伤风险,因此应考虑训练的周期与所处阶段。建议此方法用于训练时间比较充裕的时期(如集训期间),不建议在赛前或其他训练时间不够充裕的时期使用。2)进行分段训练,即在整体训练时间固定的情况下依据时间结构特点以及运动员的比赛状态对训练内容进行分段。如总时长为 25 min 的训练,可以在前 5 min 进行进攻、防守或者对攻训练,之后的 10 min 进行相持控反控或者防守反击训练,最后 10 min 进行全场杀上网或者全场进攻训练。3)提高运动员在相持阶段中的变速能力。首先可以借助技术分析来了解对手相持过程中的漏洞,以便找到好的得分机会;其次,通过多球训练提高运动员相持中的变速能力,教练员通过调节多球训练中发球的速度、个数以及间歇时间等来调动运动员自身能力,以更好地提高场上的运动表现。4)以赛代练。比赛是最符合实际状况的训练,无论何种级别的比赛都会有与重大比赛相同(如奥运会、世锦赛等)的情况发生,因此可以根据运动员的水平及竞技状态选择适合的比赛参赛,以便在比赛中提高竞技能力。

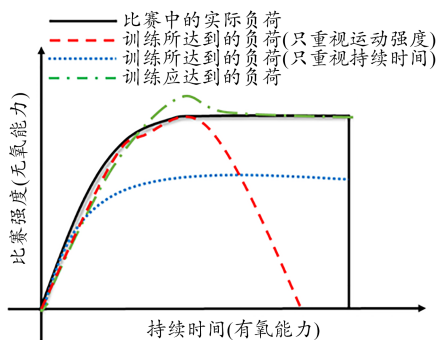


图1 比赛负荷与训练负荷的差异

Figure 1. Difference between Match Load and Training Load

3.2.2 女子单打的专项训练方法

基于女单比赛的时间结构特征提出如下训练的建议与方法:1)女单打法正在逐渐进步,日益呈现男性化打法的发展趋势。主要以较快的前后连贯进攻打法和快速拉开中的进攻打法为主要得分手段。分析女单比赛时间结构特征发现的回合时间变长、回合中拍数增多、回合节奏加快的结果也印证了这一点。相较于男单来说,女单比赛在对抗中通过变速得分相对更容易,所以体能逐渐

成为女单的一个制胜因素。因此在以拉长训练时间(有氧能力)的基础上还需要增加一些变速训练(无氧能力),除去自身的打法还要增强绝对得分能力的训练。变速训练可以加入到多个专项训练场景中,以便在增强有氧能力的同时提高无氧能力。2)增加击球的准确性训练。在基本球路的训练中,首先根据时间结构特征来安排训练时间,然后在此基础上要求运动员保证训练中击球的成功率和准确率。因为女单比赛的相持还未达到男单比赛的均衡,所以突破相持来得分除通过自身能力外也可以通过提高击球准确率来做到。3)参考男单的多球训练和以赛代练来提高竞技能力以及对比赛的掌控能力。

3.3 羽毛球单打比赛能量供应特征对体能训练的启示

在体能训练实践中,通常利用不同刺激强度的训练方法来提高有氧和无氧能力,主要包括低强度(血乳酸浓度< 2 mmol/L)、阈值强度(血乳酸浓度在 2~4 mmol/L)和高强度(血乳酸浓度>4 mmol/L)3 种不同强度域的训练方法(Stöggl et al., 2014)。现阶段,高强度间歇训练由于其省时高效的特点被广泛应用。研究表明,以 75%~170% $\dot{V}O_{2max}$ 或 90%~100%HR_{max} 作为训练强度的间歇训练,其有氧和无氧适应与持续低强度训练相似甚至更优(Laursen, 2010; Laursen et al., 2002)。从实践角度,高强度间歇训练的间歇时间可能从几秒钟到几分钟不等,包括 4~47 次重复,既可以使用主动、被动恢复,也可以用其他特定方式进行(Buchheit et al., 2013a, 2013b)。结合羽毛球运动的本质和时间结构特点,可以推测高强度间歇训练可能是提高羽毛球单打运动员有氧和无氧能力的良好方法。已有研究表明,8 周冲刺间歇训练可以显著提高大学生羽毛球运动员的有氧和无氧能力(刘也等, 2018; Liu et al., 2021)。Ko 等(2021)研究发现,基于 wingate 的短期(4 周)高强度间歇训练可以显著提高青少年羽毛球运动员的无氧能力。综上所述,以真实比赛的时间结构特点来设置高强度间歇训练(例如男单选手的训练时间可以设置为 6~12 s,间歇时间为 17~45 s,重复 21 次)是提高单打运动员有氧和无氧能力的训练方法。

3.4 由训练到比赛的转化训练策略

由于羽毛球是一项技能主导类的隔网对抗项目,单纯的高强度间歇训练可能并不会提高运动员在比赛中的竞技表现,如何将高强度间歇训练转化到最终的比赛中是训练策略的核心问题。因此笔者结合自身的备赛经历以及羽毛球的专项特点提出了单打运动员由训练到比赛的转化训练策略(图 2)。第 1 阶段为基础储备阶段,在这个阶段中可以使用功率自行车或跑步等形式的高强度间歇训练来储备基础的有氧和无氧代谢能力;第 2 阶段为专项转化阶段,在此阶段需要以专项步伐或者多球的形式来进行高强度间歇训练,从而更加接近羽毛球的专项运动形式;第 3 阶段为专项融合阶段,依据真实比赛的时间

结构特点来模拟实战比赛,将前2个阶段储备的有氧和无氧能力融合到实战比赛表现中。

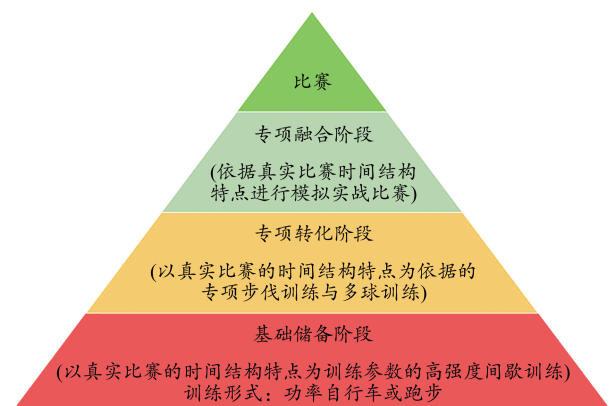


图2 羽毛球单打运动员有氧和无氧能力训练策略
Figure 2. Training Strategies for Aerobic and Anaerobic Capacity of Singles Badminton Players

目前,中国男单正处于“新老交替”阶段,虽然成绩仍有待提高,但向上超越趋势明显(余建熹,2019)。对于年轻的运动员来说,应该着重提高有氧和无氧能力,在面对拥有丰富大赛经验和成熟打法的运动员时,才有能够去拼搏和冲击的体能基础。而对于有着丰富大赛经验、能够掌控比赛的老将来说,应保持体能水平不下降,同时可以着重提高疲劳恢复能力,以期在密集的赛程中快速恢复体力和精力,从而继续掌控比赛。中国女单虽然目前整体成绩优异,但考虑到未来比赛时间越来越长、对抗强度越来越大的趋势,继续加强有氧和无氧能力同样非常必要。

4 总结与展望

羽毛球单打比赛持续时间逐渐增加,回合内的对抗强度也越来越大,其中男单比赛节奏呈现变慢的趋势,但女单的比赛节奏却加快。羽毛球单打比赛的时间结构和能量代谢特点体现出运动员在比赛中以有氧代谢为主、无氧代谢为辅,但无氧代谢对竞技表现起主导作用。运动员不仅要具备良好的有氧和无氧能力,还要具备良好的疲劳恢复能力。建议后续研究扩大比赛样本,选择各个水平段的赛事来探究羽毛球比赛的时间结构特征。由于现阶段关于能量供应的研究都基于模拟比赛实验,这样虽然可以反映羽毛球比赛对运动员的生理需求,却无法反映时间结构的改变是否会引起生理需求的变化,因此后续应开展更多基于真实比赛环境的内外部负荷研究来明确羽毛球比赛的时间结构和能量供应特征,同时也可集中于探究运动员能量代谢与比赛成绩之间的关系,以便利用生理参数来预测比赛成绩,从而制定更加科学、优化的训练方案助力运动员取得优异比赛成绩。

参考文献:

- 陈璟,2017. 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[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 42(10): 128-133.
- 陈滔,刘星玉,杨杏慈,2019. 羽毛球优秀女子单打运动员技战术运用特征研究[J]. 体育学刊, 26(4): 135-139.
- 付庆镛,程勇民,2020. 羽毛球比赛节奏的概念界定、评估及其应用[J]. 体育学刊, 27(2): 135-138.
- 李志兰,黄治官,2012. 羽毛球无球与多球步法训练的气体代谢比较研究[J]. 首都体育学院学报, 24(5): 478-480.
- 林珑,陈滔,戎淼锋,2021. 基于TOPSIS+RSR法的优秀羽毛球女单运动员杀球质量综合评价[J]. 广州体育学院学报, 41(6): 105-110.
- 刘星玉,陈滔,余曦,2018. “2017年顶级羽毛球赛”中外男子单打运动员得失分特征比较研究[J]. 广州体育学院学报, 38(3): 93-96.
- 刘琰,余宏,朱敏敏,2018. 羽毛球现场多点无氧能力测试与Wiingate功率车无氧能力测试关系研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 43(4): 136-142.
- 刘也,冷波,刘浩崇,等,2018. 8周冲刺间歇训练对优秀男子大学生羽毛球运动员无氧运动能力的影响[J]. 中国运动医学杂志, 37(9): 732-737.
- 盛怡,郭黎,蒋健,2017. 不同训练模式下羽毛球运动员心率和血乳酸的变化[J]. 武汉体育学院学报, 51(4): 92-95.
- 王欣欣,李博,李啸天,等,2019a. 羽毛球模拟比赛和多球练习的能量供应特征[J]. 中国体育科技, 55(9): 3-8.
- 王欣欣,史美英,李博,等,2019b. 2008—2018年羽毛球运动生物学特征研究进展[J]. 中国体育科技, 55(1): 43-51.
- 余建熹,2019. 世界羽毛球发展态势及东京奥运会中国男子羽毛球队前景展望:基于第23、24届羽毛球世锦赛成绩分析[J]. 广州体育学院学报, 39(6): 79-82.
- ABDULLAHI Y, COETZEE B, 2017. Notational singles match analysis of male badminton players who participated in the African Badminton Championships[J]. Int J Perform Anal Sport, 17(1-2): 1-16.
- ABDULLAHI Y, COETZEE B, VAN DEN BERG L, 2019. Relationships between results of an internal and external match load determining method in male, singles badminton players[J]. J Strength Cond Res, 33(4): 1111-1118.
- ABIÁN-VICÉN J, CASTANEDO A, ABIÁN P, et al., 2013. Temporal and notational comparison of badminton matches between men's singles and women's singles[J]. Int J Perform Anal Sport, 13(2): 310-320.
- ABIÁN P, CASTANEDO A, FENG X Q, et al., 2014. Notational comparison of men's singles badminton matches between Olympic Games in Beijing and London[J]. Int J Perform Anal Sport, 14(1): 42-53.
- ALDER D B, BROADBENT D P, STEAD J, et al., 2019. The impact of physiological load on anticipation skills in badminton: From testing to training[J]. J Sports Sci, 37(16): 1816-1823.
- BISHOP D, EDGE J, DAVIS C, et al., 2004. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability[J]. Med Sci Sports Exerc, 36(5): 807-813.
- BUCHHEIT M, LAURSEN P B, 2013a. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications[J]. Sports Med, 43(10): 927-954.
- BUCHHEIT M, LAURSEN P B, 2013b. High-intensity interval train-

ing, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis[J]. *Sports Med*, 43(5): 313-338.

CHIMINAZZO J G C, BARREIRA J, LUZ L S M, et al., 2018. Technical and timing characteristics of badminton men's single: Comparison between groups and play-offs stages in 2016 Rio Olympic Games[J]. *Int J Perform Anal Sport*, 18(2): 245-254.

DEKA P, BERG K, HARDER J, et al., 2017. Oxygen cost and physiological responses of recreational badminton match play [J]. *J Sports Med Phys Fit*, 57(6): 760-765.

FAUDE O, MEYER T, ROSENBERGER F, et al., 2007. Physiological characteristics of badminton match play[J]. *Eur J Appl Physiol*, 100(4): 479-485.

FERNANDEZ-FERNANDEZ J, TELLEZ J G D, MOYA-RAMON M, et al., 2013. Gender differences in game responses during badminton match play[J]. *J Strength Cond Res*, 27(9): 2396-2404.

FERNANDEZ J, MENDEZ-VILLANUEVA A, PLUIM B M, 2006. Intensity of tennis match play[J]. *Br J Sports Med*, 40(5): 387-391.

FU Y, LIU Y, CHEN X, et al., 2021. Comparison of energy contributions and workloads in male and female badminton players during games versus repetitive practices[J]. *Front Physiol*, 12: 640199.

GAWIN W, BEYER C, SEIDLER M, 2015. A competition analysis of the single and double disciplines in world-class badminton[J]. *Int J Perform Anal Sport*, 15(3): 997-1006.

GOMEZ MA, LEICHT A S, RIVAS F, et al., 2020. Long rallies and next rally performances in elite men's and women's badminton[J]. *PLoS One*, 15(3): e0229604.

GUO Z X, HUANG Y, ZHOU Z H, et al., 2021. The effect of 6-week combined balance and plyometric training on change of direction performance of elite badminton players[J]. *Front Psychol*, 12: 684964.

KARVONEN J, VUORIMAA T, 1988. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application[J]. *Sports Med*, 5(5): 303-311.

KO D H, CHOI Y C, LEE D S, 2021. The effect of short-term wingate-based high intensity interval training on anaerobic power and isokinetic muscle function in adolescent badminton players[J]. *Children*, 8(6):458.

LAFFAYE G, PHOMSOPHA M, DOR F, 2015. Changes in the game characteristics of a badminton match: A longitudinal study through the Olympic Game finals analysis in men's singles [J]. *J Sports Sci Med*, 14(3): 584-590.

LAURSEN P B, 2010. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 20(2): 1-10.

LAURSEN P B, JENKINS D G, 2002. The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes [J]. *Sports Med*, 32(1): 53-73.

LIU H C, LENG B, LI Q, et al., 2021. The effect of eight-week sprint interval training on aerobic performance of elite badminton players[J]. *Int J Environ Res Publ Health*, 18(2):638.

PHOMSOPHA M, IBRAHIME S, HEUGAS A-M, et al., 2019. Physiological, neuromuscular and perceived exertion responses in badminton games[J]. *Int J Racket Sports Sci*, 1(1): 16-25.

PHOMSOPHA M, LAFFAYE G, 2015. The science of badminton: Game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics[J]. *Sports Med*, 45(4): 473-495.

RAMOS ÁLVAREZ J J, DEL CASTILLO CAMPOS M J, POLO PORTES C, et al., 2016. Analysis of the physiological parameters of junior Spanish badminton players [J]. *Revista Internacional De Medicina Y Ciencias De La Actividad Fisica Y Del Deporte*, 16(61): 45-54.

STÖGGL T, SPERLICH B, 2014. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training[J]. *Front Physiol*, 5:33.

TORRES-LUQUE G, BLANCA-TORRES J C, CABELLO-MANRIQUE D, et al., 2020. Statistical comparison of singles badminton matches at the London 2012 and Rio De Janeiro 2016 Olympic Games[J]. *J Human Kinet*, 75(1): 177-184.

TORRES-LUQUE G, FERNÁNDEZ-GARCIA A I, BLANCA-TORRES J C, et al., 2019. Statistical differences in set analysis in badminton at the RIO 2016 Olympic Games [J]. *Front Psychol*, 10:731.

VALLDECABRES R, BENITO A-M D, CASAL C A, et al., 2017. 2015 Badminton World Championship: Singles final men's vs women's behaviours[J]. *J Human Sport Exerc*, 12(3): S775-S788.

ZAGATTO A M, MOREL E A, GOBATTO C A, 2010. Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments[J]. *J Strength Cond Res*, 24(4): 942-949.

(收稿日期:2022-08-29; 修订日期:2023-03-20; 编辑:尹航)

