

文章编号: 1004-7220(2021)04-0540-06

国家乒乓球男子主力运动员反手拧拉技术动作分析与诊断

李亮¹, 曹爱斌², 周星栋³, 钱磊⁴, 肖丹丹⁵, 胡宗祥⁶

(1.南开大学, 天津 300071; 2.山西大学, 太原 030013; 3.宁波大学, 浙江 宁波 315211; 4.西安工业大学, 西安 710068; 5.国家体育总局体育科学研究所, 北京 100061; 6.集美大学, 福建 厦门 361021)

摘要:目的 对国家乒乓球队男子主力运动员 A 反手拧拉技术进行动作分析与诊断,为进一步提高其反手拧拉技术质量提供依据。**方法** 通过三维运动学测试与分析方法,加入定量数据与画面分析,对运动员 A 的反手拧拉技术与反手拧拉技术好的运动员 B 的技术动作进行对比。**结果** 引拍阶段,运动员 A 引拍距离、肩角、腕角显著小于运动员 B,躯干倾角显著大于运动员 B。挥拍击球阶段,运动员 A 肩角、肘角显著大于运动员 B,肩角、肘角增加幅度和躯干倾角变化幅度显著小于运动员 B。随挥阶段,运动员 A 肩角、肘角显著大于运动员 B,肩角、肘角增大幅度以及躯干倾角、躯干倾角变化幅度显著小于运动员 B。**结论** 运动员 A 引拍幅度较小,引拍结束时球拍与球的距离较近。击球过程中,击球点离身体较远,肩关节稳定支撑不够,手腕用力较多,重心向前压得不够,发力不集中。随势挥拍阶段,运动员 A 制动不够积极,影响其击球的稳定性。击球过程中,躯干扭转幅度小,腰部发力不集中。运动员 A 在不影响正手发力的基础上,对反手拧拉技术动作进行微调。适当加大引拍幅度和身体的扭转幅度,击球过程中,以腰发力带动前臂发力,进而带动手腕发力为主。

关键词: 反手拧拉; 运动学; 乒乓球; 动作分析

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2021.04.007

Analysis and Diagnosis on Backhand Twist Technique of Leading Men's Player of National Table Tennis Team

LI Liang¹, CAO Aibin², ZHOU Xingdong³, QIAN Lei⁴, XIAO Dandan⁵, HU Zongxiang⁶

(1. Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. Shanxi University, Taiyuan 030013, China; 3. Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang, China; 4. Xi'an University of Technology, Xi'an 710068, China; 5. China Institute of Sports Science, Beijing 100061, China; 6. Jimei University, Xiamen 361021, Fujian, China)

Abstract: Objective To make analysis and diagnosis on backhand twist technique used by player A, who is the leading men's player of national table tennis team, so as to provide references for improving his backhand twist technique. **Methods** The three-dimensional kinematics test and analysis were used. The backhand twist techniques of player A and those of player B who has good backhand twist techniques were compared by quantitative data and picture analysis. **Results** At the stage of swinging racket backward, the racket swing amplitude, shoulder angle and wrist angle of player A were significantly smaller than those of player B. The roll

收稿日期: 2021-05-20; 修回日期: 2021-05-24

基金项目: 国家体育总局体育科学研究所基础业务费项目(基本 20-07)

通信作者: 胡宗祥, 副教授, E-mail: 49918577@qq.com

angle of trunk of player A was significantly larger than that of player B. At the stage of swinging and hitting the ball, the shoulder angle, elbow angle of player A were significantly bigger than those of player B, while the increasing amplitude of shoulder angle and elbow angle, as well as the changing amplitude in roll angle of trunk of Lin Guoyuan were significantly smaller than those of player B. At the stage of swinging racket forward, the shoulder angle and elbow angle of player A were significantly bigger than those of player B. The increasing amplitude of shoulder angle and elbow angle, as well as the roll angle of trunk and its changing amplitude of player A were significantly smaller than those of player B. **Conclusions** The racket swing amplitude of player A was smaller, and the distance between the racket and the ball of player A was close at the end of swinging racket backward stage. During swinging and hitting the ball stage, the hitting point was far from the body, the shoulder joint was not stable enough to support, so that the wrist was used more. The center of gravity was not enough to force forward, and the outburst power was not concentrated. At swinging racket forward stage, player A's braking was not active enough, which affected the stability of hitting the ball. At hitting the ball stage, the torsion of the trunk was smaller, and the waist power was not concentrated. On the basis of unaffected the forehand outburst power, player A should slightly adjust his backhand twisting technique, or appropriately increase the racket swing amplitude and torsion of the body. In the process of hitting the ball, the sequence of outburst power was the waist, the forearm and the wrist.

Key words: backhand twist; kinematics; table tennis; motion analysis

乒乓球横板反手回接对方短球技术,总体上可分为控制技术与进攻技术^[1]。控制技术有摆、劈等,进攻技术则为台内拧拉技术。有研究考证,反手台内拧拉技术起源于比利时乒乓球运动员小塞弗训练当中的一次游戏,后由于捷克选手科贝尔在比赛中使用这项技术并取得了一定的成绩,才被人们所认识^[2]。当今世界乒坛,反手拧拉已由一种立足上手进攻的辅助技术,演变成为得分、得势的主要进攻利器^[3]。我国涌现出如张继科、樊振东、梁靖崑等多名反手拧拉技术过硬、正反手能力均衡的优秀运动员,并取得世界瞩目的运动成绩,同时也使反手拧拉技术更广泛地被各国运动员应用。

运动员 A 是我国乒乓球男队新生代球员,左手横板两面反胶,弧圈结合快攻打法,是国家乒乓球队备战东京奥运周期的主力队员。从国乒男队科研技战术组对运动员 A 在 2017 年所参加的 6 场重要国际比赛的技战术运用情况的分析中发现,运动员 A 反手接发球技术以拧拉为主,在第 4 板衔接时反手多靠快撕技术为接下来的正手相持创造条件。但其反手拧拉质量不高,比赛中常出现拧拉直接失分或被对方反拉而失分的情况,以及 2~4 板衔接发力不够理想的现象,进而导致运动员 A 在接发球轮的相持段略显被动,甚至影响到接发球轮的得分率和比赛的胜负。因此,运动员 A 的反手拧拉技术还

有待于进一步提高与改进。

对于运动员动作技术与诊断的方法之一就是找到可对比与参考的优秀动作技术模板^[4-5]。运动员 A 及其主管教练认为同为左手持拍的运动员 B 的拧拉技术较好,可以作为优秀动作技术模板。本文运用运动学测量与分析的方法,将运动员 A、B 的反手拧拉技术动作进行对比,通过定量分析与定性分析相结合的方式,深入分析运动员 A 反手拧拉动作结构存在的问题,为进一步提高其反手拧拉技术提供一些理论支撑^[6]。

1 研究方法

1.1 研究对象

研究对象为国家乒乓球队运动员 A、B。两人都为国际健将级运动员和世界冠军,均为左手持拍弧圈结合快攻打法。测试时,运动员 A 23 岁,身高 174.1 cm,体质量 65.4 kg;运动员 B 20 岁,身高 172.8 cm,体质量 65.1 kg。测试前近 6 个月内均无关节和韧带的损伤,也无其他影响运动能力的疾病。

1.2 数据采集

2018 年国家乒乓球男队成都封闭训练(备战雅加达亚运会)期间,在四川双流训练基地进行测试。采用 2 台高速摄像机(GC-P100,JVC 公司,日本)分

别置于运动员左前侧和前侧,主光轴夹角约为 75° ,拍摄频率250帧/s。应用SIMI MOTION辐射型三维标定框架对测试空间进行标定。 X 轴为左右方向(向右为正), Y 轴为前后方向(向前为正), Z 轴为垂直轴方向(向上为正)。

测试人员向受试者介绍实验目的与测试流程,要求受试者在击球前充分热身,对运动员进行正手位反手拧拉斜线的动作技术测试。测试时,两名运动员依次站在反手位准备,均由运动员A主管教练发正手位短球多球,运动员移动至正手位运用反手拧拉技术回击球,要求回击线路为斜线,且高质量完成。由主管教练现场对每个拧拉技术进行评价,每位运动员采集10次高质量、完整的击球技术动作。

1.3 数据处理

运用Simi Motion三维动作捕捉分析系统(Simi

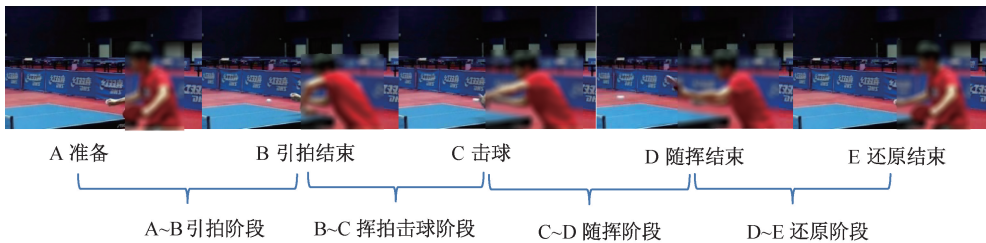


图1 乒乓球拧拉动作阶段划分

Fig.1 Phase division of backhand twist for table tennis

与运动员A的主管教练沟通,认为其躯干和上肢动作是高质量完成拧拉技术的关键。本文选择引拍距离、执拍侧上肢肘关节角度、肩关节角度、躯干倾斜角度及变化幅度等运动学指标作为敏感指标。同时还结合了根据录像观察所得到的定性指标的分析,如发力方式、两肩高度等。肘关节角度(肘角)指持拍侧上臂与前臂的夹角。肩关节角度(肩角)指持拍侧上臂与躯干的夹角。躯干侧倾角度(躯干侧倾角)指躯干长轴与两髋连线的夹角。引拍距离是指引拍结束时刻球拍与球的距离。

1.4 统计分析

应用独立样本 t 检验分析运动员A、B在完成反手拧拉技术动作过程中各指标的差异。显著性标准定为 $P<0.05$,所有数据均用SPSS 21.0统计分析软件进行分析。

公司,德国)对两位运动员反手拧拉技术运动学数据进行处理。采用低通滤波方法进行数据平滑,截断频率为10 Hz。采用寻找特征时刻点(球第1次落台时)的画面的方法对两台高速摄像机的所拍摄的同一个动作技术进行同步处理^[7]。选取运动员执拍侧的肩、肘、腕、髋和非执拍侧的肩、髋6个关节,引拍结束时刻乒乓球和乒乓球拍进行识别和标记,获取原始运动学数据。定性分析运用Dartfish运动视频分析软件(Dartfish公司,瑞士)提取特征画面、标注、划线、画面局部放大等。

由5个特征时刻将1个完整的拧拉动作技术过程分为4个阶段。5个特征时刻分别为:准备时刻(上次还原时刻)、引拍结束时刻、击球时刻、随挥结束时刻和再次还原结束时刻。4个动作技术阶段分别为:引拍阶段、挥拍击球阶段、随挥阶段和还原阶段(见图1)。

2 结果

引拍结束时刻,运动员A、B之间的技术参数存在差异。运动员A引拍距离、肩角、腕角显著小于运动员B($P<0.05$),躯干倾角显著大于运动员B($P<0.001$),肘角无显著性差异(见表1)。

表1 引拍结束时刻技术参数比较($n=10$, * $P<0.05$)

Tab.1 Comparison of technical parameters at the end of swinging racket backward stage

参数	运动员 A	运动员 B	P
肩角/ $^\circ$	83.72±3.39	90.63±5.87*	0.008
肘角/ $^\circ$	97.71±5.44	100.43±6.36	0.074
腕角/ $^\circ$	116.70±2.75	121.30±3.12*	0.000
躯干倾角/ $^\circ$	74.77±5.29	62.92±4.37*	0.000
引拍距离/cm	35.1±1.2	38.0±1.5*	0.000

挥拍击球阶段,运动员A、B之间的技术参数也存在明显差异。运动员A在挥拍击球阶段肩关节和

肘关节动作幅度显著大于运动员 B ($P < 0.05$), 运动员 A 在这一阶段肩角继续增加, 而运动员 B 肩角减小, 故到击球时刻运动员 A 的肩角和肘角均显著大于运动员 B ($P < 0.05$)。由于引拍结束时刻运动员 A 的躯干倾角已较大, 故虽然挥拍击球阶段运动员 A 躯干倾角变化较运动员 B 小 ($P < 0.05$), 但击球时刻两人躯干倾角无显著差异 ($P = 0.268$), 见表 2。

表 2 挥拍击球阶段技术参数比较 ($n = 10$, * $P < 0.05$)

Tab.2 Comparison of technical parameters at swinging and hitting the ball stage

参数	运动员 A	运动员 B	P
肩角增加幅度/(°)	10.00±2.04	-5.06±1.89*	0.000
肘角增加幅度/(°)	36.64±3.47	20.45±2.06*	0.000
躯干倾角变化幅度/(°)	0.81±0.10	9.56±1.24*	0.000
击球时刻肩角/(°)	93.72±2.77	85.57±1.72*	0.000
击球时刻肘角/(°)	134.35±4.85	120.88±3.18*	0.000
击球时刻躯干倾角/(°)	75.58±6.78	72.48±6.43	0.268

随挥阶段, 两人的技术也存在明显差异。运动员 A 肩关节、肘关节和躯干的动作幅度显著小于运动员 B ($P < 0.05$), 但由于击球时刻运动员 A 上肢动作幅度已显著大于运动员 B, 故随挥结束时刻运动员 A 肩角和肘角依然大于运动员 B ($P < 0.05$), 见表 3。

表 3 随挥阶段技术参数比较 ($n = 10$, * $P < 0.05$)

Tab.3 Comparison of technical parameters at swinging racket forward stage

参数	运动员 A	运动员 B	P
肩角增加幅度/(°)	1.0±0.2	5.04±0.68*	0.000
肘角增加幅度/(°)	39.4±3.3	44.95±3.85	0.004
躯干倾角变化幅度/(°)	9.1±2.8	18.30±2.09*	0.000
随挥结束时刻肩角/(°)	94.8±4.36	90.61±3.87*	0.047
随挥结束时刻肘角/(°)	171.56±4.16	163.53±9.43*	0.027
随挥结束时刻躯干倾角/(°)	84.63±4.01	90.78±5.39*	0.000

3 讨论

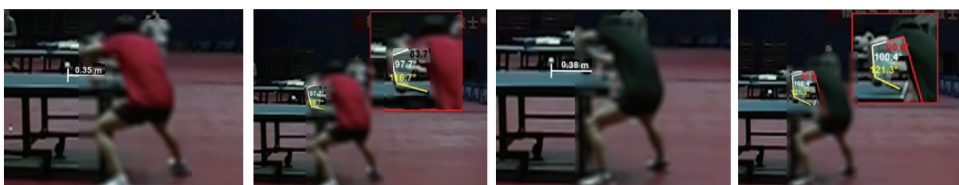
3.1 引拍阶段运动员 A 拧拉技术诊断

反手拧拉时, 运动员在引拍阶段, 根据对方来

球的落点、速度、旋转选择合适的时机, 先移动步法至合理击球点, 然后转腰向内, 肘部抬高、前臂内旋、引拍于腹前, 为后面的挥拍击球储备更多的动能, 为下个阶段更加合理的发力击球做好准备^[8]。引拍结束时刻, 身体姿态、球拍与来球的位置对后面的击球起到关键作用。引拍动作的合理与否, 影响击球的命中率和击球效果^[9]。引拍动作一方面可以牵拉后继挥拍动作的原动肌肉, 这种牵拉作用能产生弹性势能并刺激牵张反射, 使这些肌肉在随后的收缩更加快速有力。另一方面, 引拍动作还可以增加后继挥拍动作原动肌的工作距离, 延长力的作用时间, 从而增大冲量, 以提高击球速度。

结合图 2 和本文的研究结果, 可以清晰地对比出运动员 A、B 引拍阶段的差异。由于两人的身高、体质量、打法类型都较为相似, 且均为左手执拍, 运动员 B 的反手拧拉技术可以作为运动员 A 学习的优秀动作技术模板。运动员 A、B 在引拍最远端时身体姿态基本相似。但与运动员 B 相比, 运动员 A 腕角较小, 肩角较小, 躯干倾角较大, 说明运动员 A 的前臂的引拍不如运动员 B 充分, 躯干向右后方扭转幅度不如运动员 B。这使得左侧的腹内斜肌、右侧的腹外斜肌、旋后肌、肱二头肌、肱桡肌的等后继挥拍动作的原动肌无法被充分牵拉, 影响了对这些肌肉弹性势能及牵张反射的充分利用。

在引拍结束时刻, 与运动员 B 相比, 运动员 A 球拍离球较近、离身体比较远。拧拉动作需要运动员在充分引拍后以腰带臂快速发力摩擦击球。根据牛顿第二定律, 在球的质量不变前提下, 球体所受到的力与加速度成正比^[10]。挥拍距离可理解为球拍加速路程, 加速路程长、用时短, 加速度越大, 球体受外力作用越大。较近的空间距离, 给运动员留下准备回击球的时间也短, 击球过程中, 容易使大脑做出反应的时间不够充足, 身体不能在击球时



(a) 运动员 A

(b) 运动员 B

图 2 引拍结束时刻特征画面

Fig.2 Feature screen at the end of swinging racket backward stage (a) Player A, (b) Player B

做出充分准备, 拧球也更显仓促。因此, 可以推断运动员 A 拧拉质量较低与引拍位置有一定关系, 认为运动员 A 在反手拧拉技术中可能是因为前臂引拍的内收角度不够, 球拍距离身体较远, 引拍距离短, 作用球体加速度小而降低拧拉质量。

3.2 挥拍击球阶段运动员 A 拧拉技术诊断

反手拧拉技术在挥拍击球阶段, 蹬地转腰持拍手臂迅速外旋, 加速向前上方挥出, 摩擦球的中后偏侧部分^[11]。

在挥拍击球阶段, 运动员 A 肩角继续增大, 运动员 B 肩关节反而是减小, 使得在击球时刻运动员 A 肩角比运动员 B 大。结合拍摄画面对两名运动员反手拧拉动作进行定性分析, 从左侧机位的摄像机可清楚地看到, 在挥拍击球时刻, 运动员 A 上臂离身体较远, 击球点离身体较远。运动员 B 肩关节在击球过程中一直是顶着向前发力, 肩关节随着前臂的旋外略有减小, 给予前臂和手腕发力时稳定的支撑。相比而言, 运动员 A 击球时刻的肩关节稳定支撑不够, 发力不集中。

在挥拍击球阶段, 运动员 A 肘关节伸展幅度大于运动员 B, 故在击球时刻运动员 A 肘关节进一步前伸。结合视频分析, 运动员 B 在挥拍击球阶段前臂以旋外为主, 而运动员 A 前臂在旋外的同时有非常明显的前伸动作, 肘关节角度变化的幅度较大。这可能是由于引拍不充分, 挥拍动作的原肌的工作距离减少, 导致代偿性引起肘关节过多前伸。而肘关节过多的前伸容易引起球拍对球体撞击多, 球

拍摩擦减少, 容易“吃不住球”, 这也解释了运动员 A 拧拉技术质量不及运动员 B 的原因。

虽然击球时刻运动员 A 躯干倾角和运动员 B 无明显差异, 但挥拍击球阶段运动员 B 躯干动作幅度更大。躯干倾角在一定程度上能够反映躯干扭转角, 根据生物力学原理, 扭转角度越大存储的弹性势能越大, 肌肉收缩力量大^[12]。考虑到躯干倾角便于捕捉和画面展示, 符合备战期间对运动员技术动作的快速诊断、及时反馈的特点, 因此课题组对躯干倾角进行分析。画面呈现上说明运动员 A 挥拍击球阶段躯干侧倾角相对固定, 拧拉时躯干力量未能充分发挥。

反复观察高速录像可以看出, 在挥拍击球阶段, 运动员 B 的发力特点为身体重心向前压, 以转腰、肩、肘带动手腕的旋外发力为主, 发力集中、挥拍速度快。与运动员 B 相比, 运动员 A 重心前压不够, 重心略靠后, 重心跟得不够, 躯干发力较少, 通过伸长前臂找到合理的击球位置, 发力以手腕带动前臂为主, 上臂向前随挥幅度大, 发力显得不够集中。挥拍击球阶段躯干侧倾角相对固定以及重心前压不够往往是下肢和躯干力量利用不足的体现。

在引拍与挥拍击球的衔接过程中, 从数据变化得知, 运动员 B 的引拍与挥拍击球动作快速、连贯, 肌肉做超等长收缩, 收缩力量极大。而运动员 A 在引拍结束时刻稍有停顿, 使挥拍击球时肌肉主要靠向心收缩, 力量稍小(见图 3)。

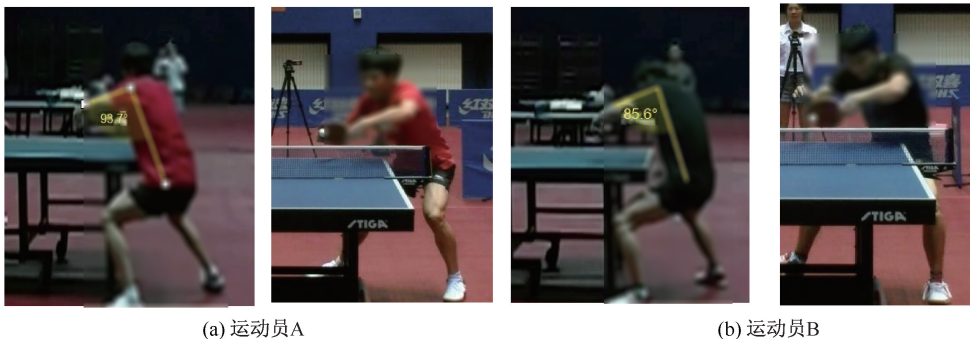


图3 击球时刻特征画面

Fig.3 Feature screen at the end of swing and hitting the ball stage (a) Player A, (b) Player B

3.3 随挥阶段运动员 A 拧拉技术诊断

随势挥拍阶段是击球发力后的延续和还原, 身体

和手臂随着发力的方向继续做减速运动, 直至随挥结束时刻。该阶段可以间接反映出发力的方向和还原

的速度。与运动员 B 相比,在随挥结束时刻运动员 A 的肩角和肘角比运动员 B 大,但是随挥阶段肩角和肘角增加幅度却比运动员 B 小,这进一步表明运动员 A 的反手拧拉技术是依靠外旋的同时前伸来完成,过大的肩角和肘角说明运动员 A 击球后上臂的制动不积极,这将影响其击球的稳定性。而肩角和肘角增大幅度小则是随挥路径短的体现,随挥路径长是击球时摩擦球力量大的后续反应,显然运动员 A 反手拧拉技术未能充分摩擦球,从而降低了回球的质量。

此外,运动员 A 躯干倾角及躯干倾角增幅也小于运动员 B。从随挥结束时刻背面的特征画面可以清晰地看出,运动员 A 两肩基本同高、前后的位置也基本相同;而运动员 B 则是右肩前、左肩后、右肩高、左肩低。结合挥拍击球阶段的数据和分析,表明在完成整个拧拉技术中,运动员 A 躯干侧倾角相对固定,多以前臂和手腕发力为主,从而进一步说明运动员 A 在拧拉时腰部力量发挥不充分,导致拧拉质量不高(见图 4)。

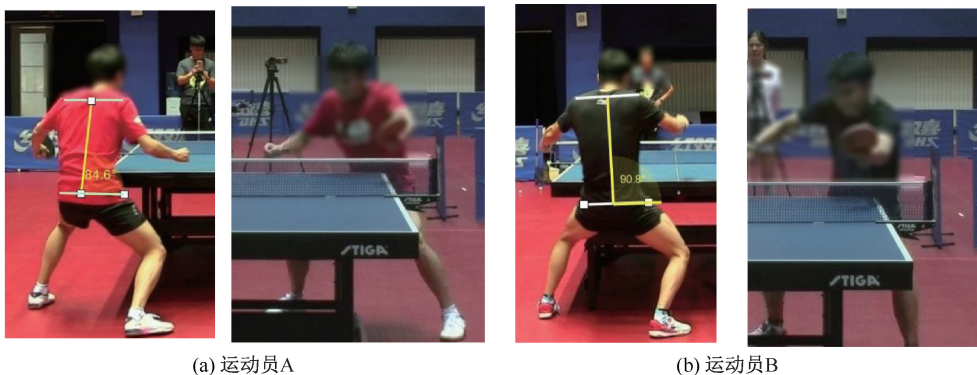


图 4 随挥结束时刻特征画面

Fig.4 Feature screen at the end of swinging racket forward stage (a) Player A, (b) Player B

4 结论与建议

4.1 结论

运动员 A、B 的拧拉动作相比,最主要的差异在于:① 运动员 A 引拍幅度较小,引拍结束时刻,球拍与球的距离较近;② 击球过程中,击球点离身体较远,肩关节稳定支撑不够,手腕用力较多,重心向前压得不够,发力不集中;③ 随挥挥拍阶段,运动员 A 制动不够积极,影响其击球的稳定性;④ 击球过程中,躯干扭转幅度小,腰部发力不集中。

4.2 建议

运动员 A 在不影响正手发力的基础上,对反手拧拉技术动作进行微调。适当加大引拍幅度和身体的扭转幅度,击球过程中,以腰发力,带动前臂发力,进而带动手腕发力为主。可进一步对运动员各关节角速度、球速等指标进行分析,对反手拧拉动作技术的进行全面诊断。

参考文献:

[1] 吴钟权.乒乓球正手弧圈球技术的运动学分析[J].中国物理

教学参考, 2017, 46(8): 46-47.

[2] 王清.我国优秀运动员竞技能力状态诊断与监测系统的研究与建立[M].北京:人民体育出版社.
[3] 向祖兵,王金灿,严发本.乒乓球反手台内侧拧技术的生物力学分析[J].竞技论坛, 2011, 19(10): 30-31.
[4] 刘卉,于冰.动作技术的生物力学分析方法[J].体育科研, 2020, 41(5): 64-70.
[5] 张晓栋,张兴林,吴飞,等.备战 2020 年东京奥运会:乒乓球项目的技术诊断[J].中国体育科技, 2019, 55(9): 34-38.
[6] 吴飞,张锐,肖丹丹.乒乓球技战术定量和定性研究的整合与应用[J].沈阳体育学院学报, 2017, 36(2): 122-127.
[7] 肖丹丹,吴敬平.乒乓球直板正手撇拉技术的实验研究[J].北京体育大学学报, 2017, 40(1): 100-106.
[8] 肖丹丹,吴敬平.三种乒乓球横板台内进攻技术的运动学特征对比研究[J].天津体育学院学报, 2016, 31(6): 515-518.
[9] 苏丕仁.乒乓球运动教程[M].北京:高等教育出版社, 2004.
[10] 郭振平.大学物理教程[M].北京:科学出版社, 2013.
[11] 向祖兵,王金灿,严发本.乒乓球反手台内侧拧技术的生物力学分析[J].竞技论坛, 2011, 19(10): 30-31.
[12] 金季春.运动生物力学高级教程[M].北京:北京体育大学出版社, 2007.