



我国优秀青年男子网球选手正手大力击上旋球动作的生物力学分析

胡启权

摘要: 采用运动生物力学三维摄像解析法对我国2名优秀青年男子网球选手柏衍和陈卅正手大力击上旋球动作进行生物力学分析, 研究表明: 我国优秀青年男子网球选手击球动作成多环节特性, 能适应现代网球由于球速变得更快, 选手底线击球时间、空间相对有限的要求。

关键词: 网球; 正手击上旋球; 三维摄像

中图分类号: G804.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2009)02-0067-04

Biomechanical Analysis of the Powerful Forehand Topspin of the Chinese Elite Young Male Tennis Players

HU Qi-quan

(Wuhan Institute of Technology, Hubei Wuhan 430074, China)

Abstract: By the way of three-dimensional video analysis of sports biomechanics, the author made a biomechanical analysis of the powerful forehand topspin of 2 Chinese elite young male tennis players. The result shows that the hitting movements of the young players feature multi-links, which can meet the requirements of modern tennis on quicker ball speed and limited time and room for hitting the ball at the base line.

Key words: tennis; forehand topspin; three-dimensional video

1 前言

网球属于技能主导类隔网对抗性项群, 中国男子网球处于较低的水平, 但经过发展, 可有待向优势项目转移^[1、2]。顶尖球员尤为最常用最有效的握拍法当数半西方式正手握拍法, 这种握拍方法能使运动员处理好绝大多数的球, 可打出强有力的上旋球并可很好的处理低球, 成为现代网球运动员采用的主流握拍方式^[3]。习惯上把这种平击球中夹带上旋打法的击球技术叫做正手击球技术^[4、5]。上旋球的特点是过网高, 接近底线下坠快, 落地反弹后有一个加速的过程^[6]。在本文中正手大力击上旋球动作定义为运动员非受迫状况下试图通过回球速度和深度来获取场上优势的正手击球动作。

2 研究方法

2.1 研究对象

研究对象为我国优秀的青年男子网球运动员柏衍和陈卅, 研究动作作为正手大力击上旋球动作。柏衍青少年世界最高排名第10位, 2008年8月ATP排名进入前500位; 陈卅2006年全国男子网球巡回赛第四站乌海站单打冠军。两名运动员的正手都采用半西方式握拍, 站位采用半开放式的站位。

2.2 实验设备

两台同规格SONY TRV-20E录像机, 拍摄频率为50赫兹, 三角架3个, 三维标定框架1个, 大地坐标框架1个。

2.3 实验内容及过程

将标定框架及大地坐标系放在拍摄区域, 两机拍摄1 min, 随后由人报标定框架序号。

运动员做好准备活动, 立于拍摄区域内, 由对方球员喂球, 要求喂中等偏快速的球, 以使击球运动员在主动中击球, 更接近于比赛。

教练站在一旁, 对运动员的击球动作及效果作出评价, 运动员的动作分为3个等级, 分别为差、好和优, 运动员击球10次为一组, 最少完成3组。总共至少出现5个优时, 结束拍摄。选取教练认定为优的击球动作中拍摄效果最好的一次作为研究动作录像, 对击球动作进行运动生物力学分析。

2.4 动作阶段的划分

根据网球正手击球技术的特点及摄像画面所能达到的频率将网球正手大力击上旋球动作分为两个阶段进行研究。

从准备结束到引拍结束阶段(引拍阶段); 从引拍结束到动作结束阶段(前挥阶段)。由此, 确定3个特征画面, 准备结束、引拍结束和动作结束。

2.5 录像解析及数据处理

采用北京体育大学运动生物力学教研室研制的视讯录像解析系统, 对教练选定的击球动作进行分析, 采用前苏联扎齐奥尔斯基人体模型, 所得数据采用数字化滤波法进行平滑, 截断频率 $f_c=10$ 。使用QTOOLS数据处理软件对视讯系统得到的数据进行计算。

收稿日期: 2008-11-12

论文说明: 第十二届全国运动生物力学大会入选论文

作者简介: 胡启权(1975-), 男, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 运动生物力学。

作者单位: 武汉职业技术学院, 湖北 武汉 430074

3 结果与分析讨论

3.1 向后引拍阶段的分析

3.1.1 向后引拍阶段的角度参数分析

3.1.1.1 膝关节角度的分析

半西方式握拍及半开放式站位向后引拍结束时，分析两名运动员的左膝角及右膝角，均表现为右膝角角度小于左膝角角度；运动员的身体重量主要落在右腿上，右腿起主要的支撑作用。分析两名运动员的右膝角，在后摆引拍结束时刻，柏衍的右膝关节角度为120.8°，陈州的右膝关节角度为116.1°，相差不大。

3.1.1.2 右肘角和右肩角的分析

向前挥拍击球主要的撞击过程发生在水平面上，高肘得使上臂与前臂形成的平面趋向于水平面，架构起一个非常好的击球姿势，为击阶段的发力创造了条件。相对于以前上臂垂直于地面的击球姿势，高肘姿势使得手腕和肘关节能对抗更大的撞击力量，同时也减小了肘关节和手腕受伤的机会。

由图1可知，两名运动员相比较，柏衍在向后引拍过程中右肩最大值为66.16°，在引拍结束时为42.51°，运动员陈州在向后引拍过程中右肩角最大值为59.24°，在引拍结束时为45.38°；可见运动员柏衍的肘关节上抬幅度更大，动作更为舒展，更有利于随后的击球，运动员陈州肘关节上抬角度小，不符合现代网球多环节理论的要求，建议加大肘关节上抬角度。

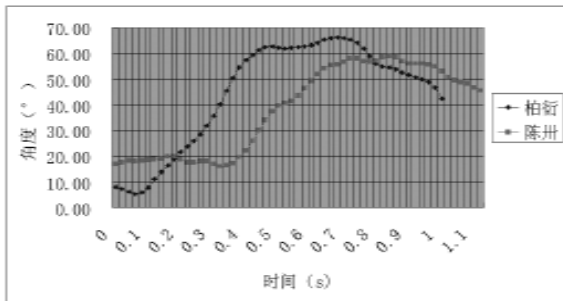


图1 运动员右肩角—时间曲线
Figure 1 Player's Right Shoulder Angle - Time Curve

3.1.1.3 肩角、髋角及肩髋角的分析

肩角和髋角反映了运动员向后引拍的整体幅度，由表1可知，从肩角上判断陈州比柏衍的引拍要大，但结合髋角来分析，引拍结束时柏衍的肩髋角为27.7°，陈州的肩髋角为14.9°。柏衍的躯干比陈州躯干拧得更紧一些，对腰腹部、胸部和肩部的相关肌肉进行了充分预拉伸，储备有更多的弹性[7]。并且挥拍幅度相对小，与现代网球运动大正手击球动作技术引拍不要太大的要求相符。柏衍相对于陈州可在更少的时间完成引拍动作，减小了自己的挥拍时间，可以回击更快的球，也减少了对对方回球的时间。实际上，选定动作柏衍的引拍时间为1 s，陈州的引拍时间为1.12 s。

3.1.1.4 柏衍陈州肩肘腕平面角变化分析

由图2可知，柏衍的肩肘腕平面角从开始至0.38 s的曲线是变小的，陈州从动作开始到0.36 s的肩肘腕平面角呈小幅上升，肩肘腕平面角的肩关节中心是相对躯干是固定的，由此可判断运动员陈州在引拍初期是以手腕领先于肘关节的方式

表1 两名运动员引拍结束时身体角度主要参数(单位: °)
Table I Main Parameters of the Body Angle when the Players Complete the Movement before Hitting (Unit: °)

姓名	右膝角	右肘角	右肩角	肩角	髋角
柏衍	120.8	139.8	42.5	81.4	53.7
陈州	116.1	132.5	45.4	89.4	74.5

进行后摆的，运动员柏衍是以肘关节引导手臂的方式开始引拍的。两种不同的引拍方式以现代网球正手击球的要求来看，柏衍的更为先进，柏衍的肘关节引导引拍方式，使上臂处于一个较高的位置，能使整个动作很自然的成为“C”字形引拍，陈州的引拍还带有很传统的直接向后拉拍的引拍方式痕迹，使上臂位置底，不利于形成“C”字型引拍方式。

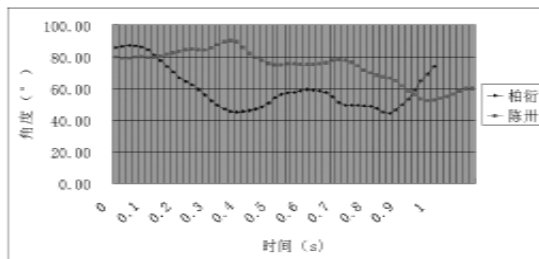


图2 运动员肩肘腕平面角—时间曲线

Figure 2 Player's Shoulder Elbow Wrist Plane Angle - Time Curve

3.1.2 向后引拍阶段的速度参数分析

3.1.2.1 结束时刻速度参数分析

由表2可知，两名运动员在向后引拍结束时，柏衍的各环节上的线速度明显大于陈州，差别最大处在引拍结束时右手腕的线速度，柏衍为4.07 m/s，陈州为0.92 m/s，产生如此大差别的原因是多方面的，分析运动员引拍弧度对此的影响，柏衍肘关节抬得更高，动作更趋向于画圈，所以右手手腕线速度保持不错，而运动员陈州抬肘动作小，动作更趋向于后摆再向前摆的直立式引拍方式，所以在引拍结束时有一个变向的过程，这必然大大的损失线速度。结合录像分析，柏衍的身体处于动态下蹲的过程中，这表明表4中重心的线速度的方向主要是向下的，身体重心向下的线速度和手臂的“C”字型引拍产生的线速度重叠构成了柏衍运动员右手手腕的线速度。

表2 引拍结束时刻身体各部分获得的线速度(单位: m/s)
Table II Linear Velocity Obtained by the Different Parts of the Body at the Moment of Completing the Movement before Hitting (Unit: m/s)

	左肩峰	右肩峰	左髋	右髋	右肘	右腕	重心
柏衍	2.82	1.05	0.90	1.29	2.75	4.07	1.15
陈州	0.77	0.89	0.68	0.43	0.73	0.92	0.50

柏衍并没有一个严格意义上明确的向后引拍和向前挥拍的分界点。这实际上是增加了对拍子加速的时间和空间，将传统意义上的向前挥拍加速过程向前延伸到了向后引拍的阶段中。

3.1.2.2 向后引拍身体动作速度分析

由图3可知，两名运动员右腕的线速度在引拍前期提升都很快，主要是通过躯干的转动和左手的积极推拍来实现的，加速大。而后右手腕线速度有一个相对平稳期，从0.84 s开

始两名运动员都有一个右手手腕线速度明显下降的曲线。随后右手腕线速度有一个急剧的加速阶段。

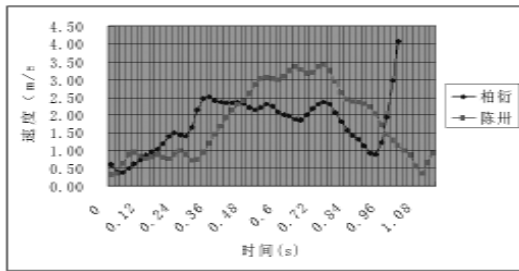


图3 运动员右手腕速度-时间曲线
Figure 3 Player's Right Wrist Speed - Time Curve

由图2可知, 柏衍从0.9 s、陈州从0.94 s开始, 在引拍的后期, 两名运动员都表现出一个肩肘腕平面角变大的趋势; 并且, 这一曲线变化比较快, 在此前一阶段时间曲线变化比较平缓, 说明此前一段时间身体肩肘腕平面角保持在一定角度, 对比录像发现此时运动员作出一个右前臂向后翻转加速的动作, 使球拍摆至离躯干最远处, 手腕向后移动开始领先于肘关节做后摆动。

在引拍后期身体动作的放慢有两个作用, 一是用以调节击球动作的准确度; 二是可以使手臂肌肉保持在一个放松的状态, 使最后的引拍及向前挥时肌肉有一个良好的牵张反射效应。

结合以上几点, 可见两名优秀青年男子网球运动员的后摆加速不是直线加速的, 引拍不是一引到底的, 在引拍结束前有一个明显的减速调整的过程。

3.2 前挥阶段的分析

从引拍后摆结束进入到向前挥拍时, 一定要向前迎击球, 借助转髋和腰的快速、短促扭转, 利用离心力大力摆动身体并挥出球拍^[8]。

3.2.1 向前挥拍阶段角度参数分析

3.2.1.1 肩髋角参数分析

前挥阶段向前挥拍至触球时肩髋角的变化反映了运动员身体躯干扭转的幅度及躯干由引拍而获得的弹性性能释放情况^[9]。

由表3可知, 运动员柏衍和陈州从引拍结束到球拍触及球, 肩髋角都有61°左右的变化。由表3可知, 运动员柏衍引拍结束时肩角和髋角都小于陈州引拍结束时的肩角和髋角, 而肩髋角柏衍大于陈州。两名运动员肩髋角旋转幅度接近, 但起始状态柏衍比陈州的躯干肌肉拉伸初长度更长, 那么, 来到球拍与球触及时刻, 柏衍将还保有一定躯干肌肉的拉伸, 对随后的击球发力将产生有利影响。

表3 前挥阶段肩髋角变化(单位: °)

Table III Variation of the Shoulder Hip Angle during Forward Racket-Swing

姓名	引拍结束时肩髋角	触球时肩髋角	肩髋角旋转幅度
柏衍	-27.7	34.2	61.9
陈州	-14.9	45.7	60.6

3.2.1.2 向前挥拍右肩角右肘关节参数分析

柏衍和陈州的这一阶段右肩角和右肘角对比, 柏衍的右肩角和右肘角大大超过陈州的右肩角及右肘角。产生这种差别的原因是前一系列动作环节中柏衍获得了比陈州更多的

动量矩, 至使柏衍在离身体较远的地方来完成击球动作, 而陈州则只有让击球点离身体更近一些, 依靠球拍触及球时由于减小半径获得的更多控制力来对抗球的撞击产生的反作用力。在向前挥拍击球的过程中, 引拍结束到触球阶段, 向前挥拍的主要负荷为球拍质量和身体质量产生, 当接触到球后, 球拍已获得了一定的速度, 要继续加力击球, 向前挥拍的负荷主要来自球对拍子的撞击, 运动员应保留部分弹性能为击球过程作准备。

3.2.1.3 臂拍角参数分析

由图4可知, 在向前挥拍过程中, 两名运动员的臂拍角在触球前呈下降趋势, 说明运动员手腕在做伸展, 在球拍与球触及, 臂拍角变大, 说明在这一过程中, 臂拍角变化的方向与所受外力相反, 上臂和前臂肌群做向心收缩, 说明手腕在主动发力击球。

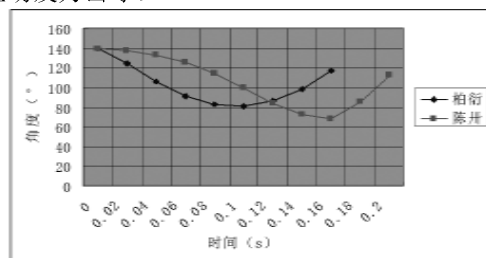


图4 运动员前挥阶段臂拍角-时间曲线
Figure 4 Player's Arm Racket Angle - Time Curve during Forward Racket-Swing

3.2.2 向前挥拍阶段速度参数分析

在分析引拍结束时刻的身体各部分角度参数时已经表明, 运动员柏衍比运动员陈州在身体躯干扭转上储备有更多的因肌肉拉伸而产生的势能。由表6、表7可以看出, 两名运动员虽然结束时肩角、髋角和肩髋角差别较大, 但在随后的击球过程中, 从引拍结束到触球肩髋角的旋转量区别不大, 进一步分析在这一阶段两名运动员右肩峰的最高速度柏衍为3.91 m/s、陈州为2.79 m/s, 差别很大, 因为正手击球表现出有类似鞭打特征, 前一环节的的动量矩将传递到下一环节中, 柏衍获得了更多因身体扭转而产生的动量矩, 对击球有利。

由表4可以看出, 运动员柏衍在球拍触球前0.1 s内的右髋、右肩峰、右肘、右手腕和拍头的速度变化看, 是部分符合鞭打规律的, 右肩峰在球拍触球前0.08~0.06 s内出现速度下降制动; 右肘在球拍触球前0.04~0.02 s内出现明显速度下降制动; 右手腕在球拍触球前0.02 s出球明显速度下降制动, 伴随着近躯干端的速度下降, 动量矩依次向远躯干环节传。

由表5可以看出, 运动员陈州在球拍触球前0.1 s内的右髋、右肩峰、右肘、右手腕和拍头的速度变化看, 是部分符合鞭打规律的, 右肩峰在球拍触球前0.08~0.06 s内出现速度下降制动; 右肘在球拍触球前0.06~0.04 s内出现明显速度下降制动; 右手腕在球拍触球前0.02 s出球明显速度下降制动, 伴随着近躯干端的速度下降, 动量矩依次向远躯干环节传。

两名运动员的右髋出现速度下降时间与典型鞭打特征不是十分吻合, 整个动作未完全按照鞭打动作特征进行。柏衍在引拍结束至触球前右髋、右肩峰、右肘和手腕上表现出来的速率都超过陈州。

表4 柏衍触球前0.1s右肩峰、右肘、右手腕和拍头的速度(单位:m/s)

Table IV Speed of the Right Shoulder Peak, Right Elbow, Right Wrist and Racket Head 0.1s before Bai Yan Hitting the Ball (Unit: m/s)

时间	右髌	右肩峰	右肘	右手腕
0.10	1.28	3.13	4.72	6.27
0.08	1.66	3.91	5.53	7.82
0.06	2.26	3.70	6.42	9.81
0.04	2.59	3.17	6.94	11.52
0.02	2.36	3.02	6.47	11.71
0.00	1.87	2.74	5.23	9.95

表5 陈州触球前0.1s右肩峰、右肘、右手腕和拍头的速度(单位:m/s)

Table V Speed of the Right Shoulder Peak, Right Elbow, Right Wrist and Racket Head 0.1s before Chen Sa Hitting the Ball (Unit: m/s)

时间	右髌	右肩峰	右肘	右手腕
0.10	1.55	2.43	4.14	5.80
0.08	2.00	2.79	4.90	6.98
0.06	2.30	2.73	5.13	8.21
0.04	1.98	2.14	5.00	9.39
0.02	1.23	1.36	5.00	9.70
0.00	0.79	0.08	5.08	8.95

3.3 对完整击球动作的分析

3.3.1 身体重心、膝关节参数研究

由图5可知,运动员柏衍的引拍结束在第1s处,触球在第1.14s处,运动员陈州的引拍结束在第1.12s处,触球在第1.32s处。两名运动员引拍结束时右膝角的角度基本相当,柏衍的右膝角是随着拍子的挥动做下蹲动作,具有非常好的牵张反射效果,蹬出去的力量大。运动员陈州膝关节较早就维持在一个比较小的角度,容易造成腿部肌肉的紧张和疲劳。

由此得出结论,运动员柏衍的重心升降随引拍动作升降对击球时获得更大的腿部蹬伸力量有利。

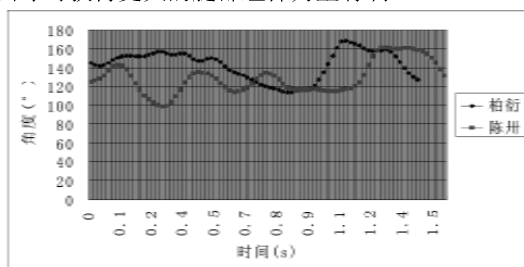


图5 运动员完整球动作中右膝角一时间曲线

Figure 5 Player's Right Knee Angle - Time Curve in Complete Ball-Hitting Movement

3.3.2 肩髌角变化参数分析

由图6可以看出,柏衍的引拍动作随着脚步调整到位,右肩向后位移速度超过右髌向后位移速度,肩髌角马上形成角度最大达到-32.0°;陈州的后摆引拍开始是右肩向后位移速度落后于右髌,在右髌移动快到位时,右肩继续后移超过右髌,形成负值,达到-21.9°。陈州的肩角摆动幅度是超过柏衍的,当来球速度快时,陈州的正手大力击上

旋球动作存在准备时间不充分的问题。

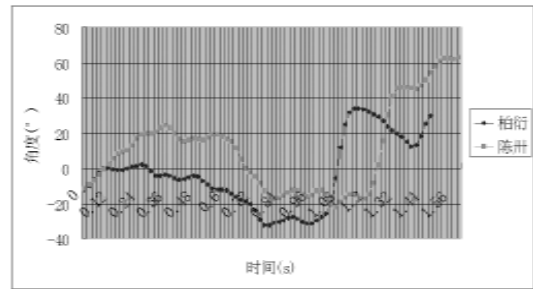


图6 运动员肩髌角一时间曲线

Figure 6 Player's Shoulder Hip Angle - Time Curve

4 结论

4.1 我国优秀青年男子网球运动员的后摆加速不是直线加速,在引拍结束前有一个明显的减速调整的过程,其目的是为了调整击球动作和使其更符合肌肉收缩特性。

4.2 我国优秀青年男子网球运动员在正手大力击上旋球过程中,人体重心的动量矩由近端向远端传递,在球拍与球触及前是符合鞭打动作原理的,但保留着一定的动量矩为球撞击球拍阶段来控制动作作准备。

4.3 我国优秀青年男子网球运动员的正手大力击上旋球动作发力方式是以躯干为轴进行类似鞭打发力的方式,和以前依赖身体水平大范围移动正手大力击上旋球方式比较,能在有限的时间和空间上击出更高质量的球。

4.4 网球正手大力击上旋球时运动员膝关节随着挥拍动作有机的屈伸比从一开始就保持膝关节蹲到击球时刻附近角度更符合现代网球多环节理论。

4.5 柏衍运动员并没有一个严格意义上明确的向后引拍和向前挥拍的分界点,将传统意义上的向前挥拍加速过程向前延伸到了向后引拍的阶段中。

参考文献

[1] 陶志翔, 胡亚斌, 赵源伟等. 中国竞技网球运动现状及其发展对策的研究[J]. 北京体育大学学报. 2005, 28 (6): 831-833

[2] 田麦久. 项群训练理论[M]. 北京: 人民体育出版社, 1998

[3] 米格尔·克雷斯波, 戴维·米勒. 国际网球联合会高级教练员手册(王正夫, 译者). 中国网球协会. 2000: 70

[4] 宛春宁. 我国优秀青年女子网球运动员正手抽球技术的生物力学分析[D]. 北京体育大学硕士论文. 北京体育大学出版社, 1998

[5] 汤姆·塞德择克(美). 顶级教练教你打网球[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2003

[6] 陶志翔, 唐建军, 周正等. 网球[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 1999: 27

[7] 王瑞元. 运动生理学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2002

[8] 陶志翔. 网球运动教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003

[9] 刘祖烈. 网球运动中动态球的力学分析[J], 网球天地,

(责任编辑: 何聪)