

中小学网球运动员眼动特征的实验研究

赵用强¹, 汤长发²

(1. 湖南工业大学 体育学院, 湖南 株洲 412008; 2. 湖南师范大学 体育学院, 湖南 长沙 410012)

摘要: 应用 Eyelink II 眼动仪对中小学生学习网球运动员与普通网球爱好者判断网球落点图片的眼动特征进行比较, 结果发现, 运动水平越高其决策速度越快, 准确性越高。中小学生学习网球运动员的决策准确性随着年龄的增长而提高, 其眼动模式更有效化, 具体表现为注视次数、注视时间、眼跳距离等眼动指标的提高, 即能更快、更有效地注视到网球信息。中小学生学习运动员决策能力随年龄的差异实质是“信息获取—信息加工—采取行动”三者整合的差异。

关键词: 中小学生学习; 网球; 运动决策; 眼动特征

中图分类号: G845

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)06-0081-05

Experimental Study on Characteristics of Eye-Movement of Primary and Secondary School Tennis Players

Zhao Yongqiang¹, Tang Changfa²

(1. Physical Education College, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China;
2. Physical Education College, Hunan Normal University, Changsha 410012, China)

Abstract: The characteristics of eye-movement of primary and secondary professional tennis players and general tennis fans are recorded and compared by Eyelink II eye-tracker when they watched the pictures of tennis pitching. The results shows that with the higher levels of sports, the adolescent tennis athlete's decision-making speed becomes more quicker and the accuracy more higher, along with the growth of age, the adolescent tennis athletes' pattern of eye movement is more effectively, exhibiting to the improvement of the eye movement index, such as fixation time, fixation duration and saccade amplitude, and can be more effectively and faster to gaze at the tennis information. Adolescent tennis players' decision-making capacity with age differences is the three different integration of "information acquisition, information processing and to take action"

Keywords: primary and secondary schools students; tennis; sports decision-making; characteristics of eye-movement

0 引言

中小学时期是身体发育的加速期, 各项身体素质的敏感期主要集中在这—时期^[1-2]。而运动决策能力是否在中小学生学习时期也处在快速发展的敏感期, 目前仍不得而知。根据皮亚杰的心理发展阶段论来看, 中小

学生正处于“形式运算阶段”^[3-4]。随着从低级向高级阶段的发展, 他们由一个不能思维、仅依靠感觉和运动认识周围世界的有机体逐步发展成一个具有灵活思维和抽象推理能力的独立个体。中小学生的认知与儿童相比无论在内容上还是在形式上都有了质的飞跃, 其思维方式达到或接近思维的最高水平。一方面, 中

收稿日期: 2009-09-07

作者简介: 赵用强 (1982-), 男, 湖南株洲人, 湖南工业大学教师, 硕士, 主要研究方向为运动人体科学,

E-mail: yqzhaohn@163.com;

汤长发 (1962-), 男, 湖南邵东人, 湖南师范大学教授, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为运动生理与心理学。

小学生身体的发育,尤其是大脑的发育出现了第二个加速期,为个体的认知发展提供了坚实的生物前提^[5];另一方面,中小學生正处于人生学习的重要时期,认知能力迅速提高。作为思维过程,中小學生运动决策应是在不断发展变化的,运动决策的发展差异值得关注,但是目前还难以提供一个关于决策能力发展的时间表,此外,通过何种手段和方法对运动决策进行训练以促进它的发展也非常重要。

人类从外界获取的信息约有80%~90%是通过人的眼睛获得,通过记录人的眼球运动来研究人的心理活动被广泛应用于感知觉研究领域。眼动研究可以提供人在进行心理活动过程中的即时加工数据,从而实现对人的心理活动进行精细分析。网球运动过程是指在有限的时间和空间内隔网进行攻与守的一次性触球过程中完成决策活动的过程^[6-7],接发球判断能力是指网球运动员在接发球时对对方击发球的意图、球的力量、速度、落点等进行分析、判定并作出相应行动的一种能力,既受大脑思维、神经传导等影响,又是认知、经验和技能等的综合反映。本文通过分析中小學生专业网球运动员与普通网球爱好者判断网球落点的眼动模式,以及不同年龄段专业网球运动员的决策速度和准确性差异,从信息获得、信息加工角度探讨影响中小學生运动员决策能力年龄差异的因素。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

专业组研究对象为湖南省10~16岁中小學生男子网球运动员23名,他们是湖南省同年龄段最高水平的网球运动员(见表1);普通组研究对象为中小學生男子网球运动爱好者20名,其中10~12岁年龄段7名,13~14岁年龄段6名,15~16岁年龄段7名,平均具有约50学时的网球学习经验,所有运动员的裸视或矫正视力正常。

表1 专业组网球运动员基本情况

Table 1 The basic information of the professional tennis players

年龄段 / 岁	人数 / 人	专业训练 年限 / a	运动员 等级	比赛最好成绩
10~12	8	4.00 ± 1.00	二级	省前3 / 全国前8
13~14	7	5.14 ± 1.14	一级 / 二级	省前3
15~16	8	8.00 ± 1.00	一级	全国前6

1.2 眼动记录法

1.2.1 实验设计

本研究采用2个单因素实验设计方案。方案1为1×2(运动员水平),运动员水平变量包括专业、普通组2个级别;方案2为1×3(年龄段),年龄变量包括3个年龄段:10~12岁、13~14岁、15~16岁。

1.2.2 实验仪器

本实验使用的是加拿大SR Research公司生产的高速眼动仪(Eyelink II)。该仪器具有高采样频率(每毫秒记录1次眼动数据)、高空间分辨率、高精度、数据反馈迅速、易操作等特点,并且,SR为用户提供了比较齐全的数据分析软件包,可以分析被试者的眼动情况,如注视点持续时间、注视次数、注视时间分配、注视频率、眼跳幅度等。

1.2.3 实验材料

实验材料为经过筛选的网球进攻场景图片,图片主要从网球一级赛事视频上截取,由网球教练、体育学院教师及网球专业学生进行登记评分,选出典型图片。图片经过photoshop软件处理,去掉一些无关的干扰信息,球的落点区域有4个,要求被试者对球的落点做出判断并按键完成任务,网球图片共20张。

1.3 眼动实验数据的处理方法

实验的全部数据用SR Research提供的分析软件EDF Date View进行分析,用SPSS for Windows11.5对实验数据进行统计处理。

2 实验结果

2.1 专业-普通组网球运动员决策反应时间和准确率的比较

对不同水平网球运动员的决策反应时间和准确率进行比较,结果见表2。

表2 不同水平运动员决策反应时间和准确率

Table 2 The decision-making reaction time and accuracy for tennis players of different levels

运动员水平	人数 / 人	决策反应时间 / s	决策准确率 / %
普通组	16	4.21 ± 0.96	50.33 ± 6.64
专业组	18	2.06 ± 0.87**	71.37 ± 7.51**

注:*代表 $P < 0.05$,**代表 $P < 0.01$,下列各表均同。

如表2所示,专业组运动员的平均反应时间少于普通组运动员的平均反应时间,表明专业组的决策反应快于普通组,专业组运动员的决策准确率明显高于普通组,经检验差异都非常显著($P < 0.01$)。

2.2 不同年龄段专业网球运动员决策反应时间和准确率的比较

对不同年龄段专业网球运动员的决策反应时间和准确率进行比较,结果见表3。

表3 不同年龄段运动员决策反应时间和准确率

Table 3 The decision-making reaction time and accuracy for tennis players of different age

年龄段 / 岁	人数 / 人	决策反应时间 / s	决策准确率 / %
10~12	8	2.36 ± 0.92	68.78 ± 7.54
13~14	7	1.95 ± 0.85**	72.14 ± 7.92**
15~16	8	1.78 ± 0.79**	73.21 ± 6.85**

从表3可看出, 决策反应时间是随着年龄的增长而减少的, 年龄段10~12岁、13~14岁、15~16岁之间都存在显著差异。决策准确率随着年龄的增长而提高, 年龄段10~12岁与年龄段13~14岁、15~16岁之间差异显著, 但年龄段13~14岁与15~16岁之间差异不显著。

2.3 专业-普通组网球运动员眼动指标的比较

从表4中数据可以发现, 专业-普通组网球运动员的各项眼动指标均有差异。专业组运动员的注视次数、注视点持续时间都小于普通组, 而注视频率和眼跳幅度大于普通组。经检验, 专业-普通组网球运动员在注视次数、注视点持续时间、眼跳幅度上的差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。

表4 专业-普通组网球运动员的眼动指标

Table 4 The eye-movement index of the professional-general tennis players

运动员水平	眼动指标			
	注视次数 / 次	注视点持续时间 / ms	注视频率 / Hz	眼跳幅度 / °
专业组	6.78±0.72**	218.45±24.52*	3.15±0.35	5.12±1.21*
普通组	10.03±0.83	252.59±26.50	3.07±0.42	4.03±0.93

2.4 不同年龄段专业网球运动员眼动指标的比较

从表5可看出, 随着年龄的增长, 中小学生学习网球运动员的注视次数、注视点持续时间在整体上逐渐减少, 眼跳幅度逐渐增大, 注视频率变化不大。

表5 不同年龄段专业网球运动员的眼动指标

Table 5 The eye-movement index of the expert tennis players of different ages

年龄 / 岁	眼动指标			
	注视次数 / 次	注视点持续时间 / ms	注视频率 / Hz	眼跳幅度 / °
10~12	7.76±1.15	246.59±25.26	3.05±0.21	4.12±0.97
13~14	6.55±0.91	225.86±23.37	3.17±0.28	5.09±1.25
15~16	6.25±0.88	209.74±24.75	3.16±0.23	5.21±1.23
加权平均	6.78±0.72	218.45±24.52	3.15±0.35	5.12±1.21

经检验, 注视次数、眼跳幅度在年龄段10~12岁与年龄段13~14岁、15~16岁的差异具有统计学意义 ($P<0.05$), 年龄段13~14岁与15~16岁之间差异不显著 ($P>0.05$)。注视点持续时间在3个年龄段都存在差异, 经检验差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。

3 分析与讨论

3.1 专业-普通组网球运动员决策能力差异及分析

研究发现, 运动员水平越高, 运动员的决策准确率越高、决策反应速度越快, 这说明网球运动员运动水平越高, 知识和比赛经验愈丰富, 其在网球运动情境中决策能力越强。同时, 网球运动员运动水平的提

高, 需要提高决策反应速度, 并保证有较高的准确率。由此可得如下结论: 优秀运动员由于在运动水平和知识经验上的优势, 使其在信息加工层面上表现得更加突出。

本研究推测高水平运动员在信息加工方面的高效思维能力是在已建立起来的心理图式基础上的“产生式”思维^[8-9]。在高水平运动员的运动知识库中, 贮存着大量的“条件-行动”运动信息组块, 高水平运动员的信息加工过程就是通过对条件信息的再认来激活相应的运动信息组块的过程。因此, 高水平运动员的信息加工过程中就不需要进行常规的分析、综合、比较、抽象、概括等过程, 只需经过再认就可获得思维产品, 从而表现出信息加工的快速性。

3.2 不同年龄段中小学生学习网球运动员决策能力的差异及分析

中小学生学习网球运动员随着年龄的增长, 运动决策能力得到快速发展, 主要得益于运动员生理能力和心理能力的显著提高, 具体表现在以下几个方面。

3.2.1 生理成熟

本研究的实验对象是10~16岁的网球运动员, 这个年龄段刚好是运动员身体发育的青春期中。运动员在青春期阶段身、心得到全面发育完善, 特别是与运动决策紧密相关的神经系统, 具体表现在青春期早期神经活动中第一信号系统占主导地位, 对形象具体的信号容易建立条件反射, 而第二信号系统相对较弱, 抽象的语言、思维能力较差, 分析综合能力的发展还不完善^[10-11]。9~16岁第二信号系统的功能进一步发展, 联想、推理、抽象、概括的思维活动逐渐提高, 分析综合能力显著提高, 决策能力也随之提高^[12]。凯尔(Kail)的研究中发现^[13-14], 生理成熟是决策中的信息加工速度存在年龄差异的最主要原因。

3.2.2 策略优化

本研究推测, 随着年龄的增长, 运动员在判断网球落点时采用了一些较优的策略。例如, 使用了启发性策略, 又称为启发法 (heuristic method), 是运动员根据一定的经验, 在问题空间内进行较少的搜索, 以解决问题的方法^[15], 包括手段-目标分析、逆向搜索和爬山法, 其搜索策略是高度指向性的。专业运动员在解决问题时是利用过去的经验、选择已经行之有效的方法, 而不是系统地、以确定的步骤去寻求答案, 其优点是在有限搜索空间与时间内, 大大减少尝试的次数, 利用已建立的规则使问题迅速地得到解决。

3.3 专业-普通组网球运动员眼动指标差异及分析

本研究统计结果表明, 在视觉搜索方式上, 专业网球运动员视觉搜索时间较少, 注视模式更有效化。由于注视图片是运动员获得决策信息的主要渠道, 分析认为专业-普通网球运动员存在差异的原因可能

是：高水平的运动员采用的眼跳模式距离较大，每次可以加工更多信息，加工效率高，保证了每次注视加工的质量，能够迅速地从大量复杂信息中提取出有用信息，经过迅速加工后做出更为合理的反应；初等水平运动员采用的眼跳模式距离较小，说明低水平的网球运动员注意广度小，注视效率低，由于需考虑的因素较多，需认真分析所看到的每一个信息，然后再从中提取出有用信息，并且与自己的经验相比较后才能做出判断^[16]，故反应速度相对较慢。

3.4 不同年龄段中小學生专业网球运动员眼动指标的差异及分析

从年龄段 10~12 岁至年龄段 13~14 岁，专业网球运动员的注视次数减少，眼跳幅度增大，且差异显著，说明在这 2 个年龄段上中小學生运动员信息提取能力增强，形成正确的问题表征，从长时记忆中提取已有知识的速度逐渐提高，加快了信息整合^[17]，知觉广度随之加大，即使用副中央窝视觉区加工的能力逐渐增强，其认知加工能力随之快速增强^[18]。从年龄段 13~14 岁至年龄段 15~16 岁，专业网球运动员的注视次数和眼跳幅度变化不大，表明其认知加工能力增强的速度减慢。

从“注视频率”指标来看，随着年龄的增长，网球运动员的注视频率差异不显著。分析其原因可能是年龄较小的网球运动员在注视网球图片的过程中注视的次数虽较多，但做出决策的时间也较长，决策时间和注视次数都有所增加，导致注视频率没有显著变化。此结果与陈向阳^[19]、白学军^[20]的研究结果一致。

眼动模式是被试者在注视图片时采用的信息搜索方式，包括对图片的注视次数、注视点持续时间及眼跳距离等。本研究的眼动实验表明：注视网球比赛实景图片时，不同年龄段中小學生网球运动员在判断网球落点的决策过程中，其注视次数、注视点持续时间，随着年龄的增长而减少，而眼跳幅度则随着年龄的增长而增加，表现出明显的年龄发展趋势。也就是说，中小學生网球运动员在判断网球落点时，随着年龄的增长，眼动模式更有效化，因而对网球落点做出快速而又准确的判断。

3.5 不同年龄段网球运动员决策差异的原因和实质分析

认知过程从广义上说包含信息获取和信息处理的过程（即思维过程）^[21]。运动员的决策过程其实也是认知过程，在运动情境中做出决策，包括信息获取、信息加工和采取行动 3 个过程。综合本研究的结果和前人的相关研究结果，研究者认为中小學生网球运动员的眼动模式影响决策时的信息获取，运动水平和知识经验、策略影响决策中的信息加工。中小學生运动员决策能力的年龄差异实质是：“信息获取—信息加工—

采取行动”三者整合的差异。在中小學生阶段，随着年龄增长和训练年限增加，运动员的身体发育逐渐成熟，各项身体素质得到快速提高，运动水平随之得到提高，运动专项知识和比赛经验得到丰富，这些变化导致随着年龄的增长，运动员的决策能力逐渐提高，不仅体现在每个独立层次上具有优势，更为主要的是在 3 个层次的整合上具有优势。

4 结论

1) 中小學生网球运动员运动水平越高其决策速度越快，决策准确率越高。决策能力随着年龄的增长而提高，决策速度随着年龄的增长而加快，提高幅度在年龄段 10~12 岁、13~14 岁、15~16 岁之间都存在显著差异；决策准确率随着年龄的增长而提高，提高幅度在年龄段 10~12 岁与 13~14 岁之间存在显著差异，年龄段 13~14 岁与 15~16 岁之间没有显著差异。

2) 随着年龄的增长，中小學生网球运动员的眼动模式更有效化，具体表现为注视次数、注视时间、眼跳距离等眼动指标上的差异，能更快、更有效地注视到网球信息。

3) 中小學生网球运动员决策能力随年龄存在明显差异的实质是“信息获取—信息加工—采取行动”三者整合的差异。

参考文献：

- [1] 邓树勋, 王健, 乔德才. 运动生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
Deng Shuxun, Wang Jian, Qiao Decai. Athletic Physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2005.
- [2] 王步标. 运动生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
Wang Bubiao. Athletic Physiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 1998.
- [3] 朱智贤, 林崇德. 思维发展心理学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1986.
Zhu Zhixian, Lin Chongde. Thinking Developmental Psychology[M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 1986.
- [4] 朱智贤. 青少年心理的发展[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1982: 12-26.
Zhu Zhixian. The Development of Adolescent Psychology [M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 1982: 12-26.
- [5] Daid R Shaffer. 发展心理学—儿童与青少年[M]. 邹泓, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2005.
Daid R Shaffer. Developmental Psychology—Child and Adolescent[M]. Zou Hong Translate. Beijing: China Light Industry Press, 2005.
- [6] 陶志翔. 网球[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 1998.

- Tao Zhixiang. Tennis Ball[M]. Beijing: Beijing Sport University Press, 1998.
- [7] 付前勇. 浅谈网球运动中判断能力的重要性[J]. 武汉船舶职业技术学院学报, 2005(6): 116-118.
- Fu Qianyong. The Importance of Criterion in Playing Tennis [J]. Journal of Wuhan Institute of Shipbuilding Technology, 2005(6): 116-118.
- [8] Robert N Singer, Heather A Hausenblas, Christopher M Janelle. Handbook of Sport Psychology[M]. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons Inc, 2001: 174-201.
- [9] Helsen W, Pauwels J. A Cognitive Approach to Skilled Performance and Perception in Sport[C]//Perception and Cognition: Advances in Eye Movement Research. North-Holland: Elsevier Science Ltd, 1993: 127-139.
- [10] 沃建中, 申继亮, 林崇德. 信息加工的阶段及其年龄差异源[J]. 心理科学, 1997(2): 113-118.
- Wo Jianzhong, Shen Jiliang, Lin Chongde. Sources of Age Differences in Information Processing Stages[J]. Psychological Science, 1997(2): 113-118.
- [11] 林崇德, 沃建中, 於国荣. 儿童和青少年信息加工速度发展函数的研究[J]. 心理学报, 1997, 29(1): 43-50.
- Lin Chongde, Wo Jianzhong, Yu Guorong. Developmental Functions for Speeds of Information Processes during Childhood and Adolescence[J]. Acta Psychologica Sinica, 1997, 29(1): 43-50.
- [12] 张运亮, 李宗浩, 孙延林, 等. 专家与新手篮球后卫运动员的眼动研究[J]. 心理与行为研究, 2004, 2(3): 534-538.
- Zhang Yunliang, Li Zonghao, Sun Yanlin, et al. Eye Movements of the Novice and the Expert of Basketball Guards [J]. Studies of Psychology and Behavior, 2004, 2(3): 534-538.
- [13] Kail R. Developmental Change in Speed of Processing During Childhood and Adolescence[J]. Child Psychology, 1986, 42: 378-391.
- [14] Kail R. Nature and Consequences of Developmental Change in Speed of Processing[J]. Journal of Experimental Child Psychology, 2000, 57: 281-291.
- [15] Mcpherson. A Daptation in Response Selection Processes Used during Sport Competition with Increasing Age and Expertise[J]. Inte. J. Sport Psychology, 1999, 30: 173-193.
- [16] Thoms. The Effects of Age and Expertise upon Perceptual Skill Development in A Racquet Sport[J]. Res Q Exe Sport, 1988, 59(3): 210-221.
- [17] 骆劲华. 不同年级学生在平面几何解题中添加辅助线过程的眼动研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2006.
- Luo Jinghua. An Eye Movement Study of Different Grade Students Adding Assistant Line in Solving the Plane Geometry Problem[D]. ChangSha: Hunan Normal University, 2006.
- [18] 李娜. 不同年级中学生阅读议论文过程的眼动研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2006.
- Li Na. The Study on Eye Movements in Different Grade Middle-School Students Reading the Argumentations[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2006.
- [19] 陈向阳. 不同年级学生阅读课文和句子的眼动过程研究[D]. 天津: 天津师范大学, 2000.
- Chen Xiangyang. The Study on Eye Movements in Different Grade Middle-School Students Reading the Text and Sentence [D]. Tianjing: Tianjing Normal University, 2006.
- [20] 白学军, 沈德立. 不同年级学生读课文时眼睛注视方式的研究[J]. 心理科学, 1996, 19(1): 6-10.
- Bai Xuejun, Shen Deli. Eye Fixation Features of Text Reading in Different Graders[J]. Psychological Science, 1996, 19(1): 6-10.
- [21] 王苏, 汪圣安. 认知心理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1992.
- Wang Su, Wang Sheng'an. Cognitive Psychology[M]. Beijing: Peking University Press, 1992.

(责任编辑: 李玉珍)