



早期听觉信息在乒乓球接发球旋转判断中的作用

The Role of Early Auditory Information in the Rotation Judgment of Table Tennis Reserving

林立悦,王璐宁,任元师,任杰*

LIN Liyue, WANG Luning, REN Yuanshi, REN Jie*

摘要:目的:探讨早期听觉信息在判断乒乓球旋转中的作用。方法:被试选取31名乒乓球运动员,采用单因素被试内设计,自变量为刺激类型(纯视觉、纯听觉、视听一致、视听不一致),要求被试在4种实验条件下判断发球旋转方式。结果:纯听觉、纯视觉和视听一致3种条件下的正确率均超过随机水平;视听一致与纯听觉条件下的正确率均显著高于纯视觉,视听一致与纯听觉条件下的正确率之间未见显著差异;在视听不一致的条件下,依靠听觉信息进行决策的比率显著高于依靠视觉信息。结论:在判断乒乓球发球是否旋转时,早期听觉信息可以提供更多相关信息。

关键词:早期听觉信息;乒乓球;接发球旋转

Abstract: Objective: The role of early auditory information in judging table tennis rotation is discussed. Methods: Thirty-one table tennis players were selected as subjects. The single factor within-subjects design was used and the independent variables were stimulus types (video only, audio only, audiovisual congruent, audiovisual incongruent). The subjects were asked to judge the rotation mode of serve under four experimental conditions. Results: The accuracy of pure audio, pure video and audiovisual congruent were significantly above the chance level. The response accuracy of audiovisual congruent and pure audio was significantly higher than only pure video condition. There was no significant difference between audiovisual congruent and pure audio condition. For incongruent trials, the decision making based on auditory information was significantly higher than that based on visual information. Conclusions: Early auditory information can provide more relevant information when judging the table tennis rotation.

Keywords: early auditory information; table tennis; reserving rotation

中图分类号:G846 **文献标识码:**A

在体育竞技领域,如果运动员能在短时间内恰当地、有效地捕捉到重要信息,并利用这些信息判断对手行为,将提高比赛获胜的可能。对于球类运动员这是十分重要的能力,可以帮助运动员在训练或比赛时对运动环境中的信息作出正确判断并迅速反应。在一项关于羽毛球运动员动作预测的脑机制研究中,Xu等(2016)使用羽毛球比赛视频作为刺激材料,要求专业和新手羽毛球运动员预测视频中球的落点位置,发现专业运动员的动作预测能力更好并且在内侧额叶皮层显示更强的激活能力。徐立彬等(2013)使用3D效果的图片作为刺激材料探讨乒乓球运动员的知觉判断能力,要求被试根据图片中的拍型、乒乓球触拍部位和球拍相对运动方向3个信息判断球的旋转方式,与专项大学生相比,专业运动员在发球旋转判断方面存在优势。还有研究使用时间阻断或空间阻断技术研究乒乓球运动员的发球落点和旋转判断,均发现乒乓球运动员的判断表现要优于新手(高艳敏等,2013;章建成等,2013;Zhao et al.,2018)。以上研究均表明,专业运动员拥有优秀的判断能力。此外,这些研究还存在一个共同点,即研究均使用以视觉信息为主导的刺激材料,只考虑来自视觉的单通道信息,忽略听觉、触觉等来自其他感觉通道的信息。

基金项目:

上海市科学技术委员会科研计划项目(19dz1200701)

第一作者简介:

林立悦(1997-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为运动技能学习与控制,E-mail:linliyue0127@163.com。

*通信作者简介:

任杰(1971-),男,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为运动心理学、运动技能学习与控制领域,E-mail:renjie@sus.edu.cn。

作者单位:

上海体育学院,上海200438
Shanghai University of Sport, Shanghai
200438, China.

在人类获得外界信息中,80%来自视觉,除视觉外,另一种人类最重要的感觉是听觉(彭聃龄,2012)。如一个低强度的声音线索可以对随之出现在同一位置目标声音的识别起到促进作用(Buchtel et al., 1996);一个突出的声音还可以提高个体对视觉刺激的探测能力等(Vroomen et al., 2000)。由此可见,声音不仅能够给个体提供重要的感知信息,还能对视觉起到促进作用。同时,在体育运动相关研究中也发现,听觉反馈在运动情境中起积极作用(Konttinen et al., 2004; Murgia et al., 2015; Schaffert et al., 2019),听觉信息已经成为指导运动行为的重要因素之一(Agostini et al., 2004)。所以,如果在研究中只关注视觉信息而不关注听觉信息会使研究缺乏一定的生态效度,由此得到的结果也不适用于运动实践当中。

探讨听觉信息与运动的相关研究虽然没有视觉相关研究广泛,但是以往研究也对此有一定关注。首先,听觉信息可以影响运动员的运动表现。Takeuchi (1993)关于听觉信息在运动执行中起重要作用的研究选取 3 名有经验的网球运动员为被试,在比赛过程中使用耳塞对运动员进行听觉剥夺,结果表明,听觉剥夺会降低运动员在比赛中的表现,听觉剥夺条件下运动员接球能力有所下降。这一结果表明,有经验的运动员可以通过使用听觉信息在比赛中调整自己的运动行为。Schaffert 等(2020)也得出相似结果,发现自然运动声音的缺失会降低赛艇运动员的运动表现。其次,在听觉信息与判断的相关研究中,有研究发现,篮球运动员可以仅通过声音来判断对手的行动意图,并且这种能力可以通过训练得到提高(Campognogara et al., 2017);在网球运动中,运动员在比赛场上发出的呐喊声会干扰对手对球运动轨迹的预测(Müller et al., 2019)。声音信息对运动领域的贡献也得到神经科学方面的支持。研究发现,与动作相关的声音会激活大脑的运动区域(Pizzamiglio et al., 2005);Woods 等(2014)在功能核磁共振(functional magnetic resonance imaging, fMRI)研究中发现,当运动员听到与运动相关的声音时,不仅能激活大脑内的听觉区域,还能激活前运动区和运动区。

上述研究表明,不论视觉信息还是听觉信息,对运动行为都有其独特的贡献,那么听觉信息和视觉信息到底哪种更重要? Sors 等(2017)的研究探讨了早期听觉和视觉信息在辨别足球罚球和排球扣球中击球力量的作用,运动员在视觉、听觉和视听结合刺激 3 种条件下区分击球力量,发现在 3 种条件下被试的准确率均超过随机水平,而且在排球扣球实验中发现,纯听觉条件下运动员辨别击球力量的准确性更高,表明早期听觉信息提供辨别击球力量的相关感知线索比早期视觉信息更多,运动员的加工速度更快。Allerdissen 等(2017)调查听觉和视觉信息对击剑动作识别的影响发现,在仅提供听觉信息的情况下,击剑专业运动员相比新手可以更好地利用听觉信

息进行识别。以上研究都表明,对于专业运动员,在某些情况下听觉信息提供的相关线索比视觉更多,甚至听觉可能比视觉的作用更加重要。因此,在体育运动相关研究中,重视听觉信息和视听信息结合的作用尤为重要。

乒乓球运动相较于其他球类运动有其自身独特的特点,如发球旋转变多、落点多变等。乒乓球运动中,对接发球旋转进行判断是一种决策过程(张玉慧等,2013),在乒乓球运动中起至关重要的作用。有研究表明,在拍触球时,由于对发球旋转起关键作用的某个身体动作的相关信息几乎都已经表现出来,所以在此时判断乒乓球旋转的准确性最高(李今亮,2005)。卢永妍(2019)在研究塑料球和赛璐珞球的区别时提出,赛璐珞球与无缝塑料球在击打声音方面的变化对运动员通过击球声音判断来球造成一定程度的干扰,由此可以推断,听觉信息对乒乓球运动员的运动表现有一定影响。但视觉和听觉信息是否对判断乒乓球发球旋转有不同贡献暂不明确。因此,本研究同时考虑乒乓球运动员在接发球时所接收到的早期视觉和听觉信息,即从发球者准备向上抛球到球接触球拍的瞬间所产生的视听信息为早期视听信息,分别探讨纯听觉、纯视觉和视听结合 3 种情况对乒乓球发球旋转判断准确性的影响,并将结果进行对比,进一步探讨何种早期信息可以更好地帮助乒乓球运动员进行准确的判断。本研究提出以下假设:1)乒乓球专业运动员在仅依靠听觉信息和视听一致信息时可以更好地进行发球旋转判断;2)在视听不一致条件下,乒乓球运动员判断发球旋转时更倾向与听觉信息一致。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

31 名乒乓球运动员参加本次实验,均为上海体育学院乒乓球运动训练专业学生,运动等级为国家二级运动员及以上。其中,男生 14 名,女生 17 名,平均年龄(20.74±0.86)岁,平均训练年限(13.74±1.61)年。所有被试均为右利手,视力或矫正视力正常且没有听力障碍。实验开始前将任务充分告知被试且签订被试知情同意书。

1.2 实验设计

采用单因素被试内设计,组内变量为刺激类型(纯视觉、纯听觉、视听一致、视听不一致),因变量为发球旋转判断任务的反应时、正确率、辨别力指标 d' 和判断标准 β 。

1.3 实验设备

SONY FDR-AX60 摄像机记录视觉刺激,视频帧率为 60 fps,视频分辨率为 1 080 p;SONY PCM-M10 专业级数字录音笔记录听觉刺激;Phantom Miro R111 超高速摄像机记录并解析每一次乒乓球过网时的转速,拍摄速率为 3 000 帧/s。采用 Wave Pad 进行音频剪辑,会声会影 2019 进行视频剪辑和音频视频组装,E-prime 2.0 软件进行编程和数据收集,SPSS 22.0 进行数据处理。实验在戴尔 In-

spiron 7380 笔记本电脑上进行,屏幕大小为 13.3 英寸。SONY WH-1000XM3 耳机进行听觉刺激呈现。

1.4 实验材料的收集与制作

招募 1 名 20 岁男性国家一级乒乓球运动员收集实验材料,运动经验 13 年,按照实验要求进行发球,用摄像机和录音笔记录发球过程,后期进行剪辑处理。在录制实验材料时,摄像机架设于接球方球台中央偏左 10 cm,摄像机高度为 130 cm。发球员按照既定旋转和落点进行发球,包括下旋球和不转球 2 种发球类型,落点为近网短球,均为比赛常用发球和落点,2 种旋转方式各发球 40 个,共收集 80 个发球视频和音频。

根据高速摄像机所记录的视频计算乒乓球旋转的速度,排除没有过网或擦网的发球,选取其中 26 次发球,13 个转速为 5~9 转/s 的作为不转球刺激,13 个转速为 40~45 转/s 的作为下旋球刺激,在不转球与下旋球中各选取 10 个作为正式实验刺激,剩余 6 个作为练习刺激。最终得到 4 种刺激类型:1)一致性刺激,将同一发球的音视频结合在一起;2)不一致刺激,发旋转球的视频与不转球的音频结合在一起,或将发不转球的视频与旋转球的音频结合在一起;3)纯视频,只有发球动作视频,没有音频;4)纯音频,只有发球时的音频,没有视频。在最终实验程序中,每个刺激呈现 1 350 ms,以发球者准备向上抛球为视频起点,球与球拍接触一瞬间视频结束。

1.5 实验流程

实验在一个昏暗且安静的房间内进行,被试抵达实验室后进行短暂休息,休息结束后戴上耳机并以自己舒服的姿势坐在椅子上,被试眼睛距离屏幕约 40 cm,声音设置为最接近真实情景中的音量(45 dB),并在被试间保持恒定。主试给被试讲述指导语,进行练习后正式开始实验。每个被试均进行 4 种实验条件,将实验顺序进行平衡,收集被试的按键反应和反应时间。实验开始前,先给被试呈现以下指导语:欢迎你参加本次实验,下面将给你呈现一系列发球视频(音频),你的任务是判断该发球是否旋转,旋转按 F 键,不旋转按 J 键,要求你又快又准确地进行反应。每组正式实验前均有 6 个练习,每个练习均有 1 000 ms 反馈。正式实验阶段,每个试次先给被试呈现 1 000 ms 注视点,然后呈现 1 350 ms 刺激,刺激结束后进入有黑色小圆圈的灰色屏幕要求被试尽快进行反应,直到被试反应该屏幕消失,每个试次之间有 500 ms 的灰色空屏,然后进入下一试次(图 1)。每组实验条件各 20 试次,每组实验结束

后进行短暂休息,按照既定顺序进行下一实验。

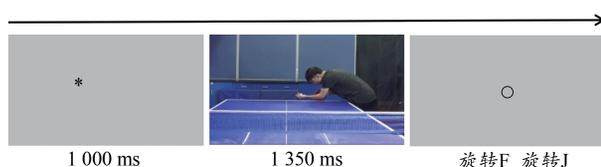


图 1 实验任务示意图(以视听一致条件为例)

Figure 1. Schematic Diagram of Experimental Task (The Audiovisual Congruent Condition)

1.6 数据分析与统计

使用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计处理。首先,根据反应时排除超过 3 个标准差的数据。依据信号检测论计算 4 种条件下的辨别力指标 d' 和判断标准 β , $d' = Z_{击中} - Z_{虚惊}$, $\beta = O_{击中} / O_{虚惊}$, Z 值与 O 值需查询 PZO 转换表, O 为概率值对应的标准正态分布函数值(郭秀艳, 2004)。对 4 种条件下的反应时、辨别力指标 d' 和判断标准 β 进行重复测量方差分析。其次,进行 4 次单样本 t 检验,检验 4 种条件下被试的正确率是否超过随机水平。由于正确率为百分比数据,不符合方差分析正态分布的原则,因此将视听一致、纯听和纯视条件下反应的正确率进行平方根反正弦转换,再将转化后的正确率进行重复测量方差分析,并将正确率与反应时进行相关分析。在视听不一致条件下,由于之前并没有要求被试必须依据哪种信息作出反应,因此不能简单地判断被试的反应正确与否,因此需要计算被试进行反应的信息来源,并将依据信号检测论所计算的 d' 以 0 为检验值进行单样本 t 检验(表 1)。

表 1 视听不一致条件下被试的 4 种反应

Table 1 Subjects' Four Responses in the Audiovisual Incongruent Condition

刺激	反应	
	旋转(有信号)	不旋转(无信号)
听旋+视不旋(有信号)	击中	漏报
听不旋+视旋(无信号)	虚惊	正确拒斥

2 实验结果

根据反应时排除超过 3 个标准差的数据,共删除 1.83% 的数据。以刺激类型为自变量,反应时为因变量进行重复测量方差分析显示,刺激类型的主效应不显著 [$F_{(3, 90)} = 2.546, P > 0.05, \eta_p^2 = 0.078$; 表 2]。

表 2 4 种条件下的反应时、辨别力指标 d' 、判断标准 β

Table 2 Subjects' Response Times, Discrimination Index d' and Judgment Criteria β in the Four Conditions $M \pm SD$

	视听一致	视听不一致	纯视	纯听
反应时/ms	572.75 ± 250.82	501.87 ± 186.14	530.09 ± 156.48	619.58 ± 225.70
辨别力指标 d'	1.85 ± 0.95	1.61 ± 0.89	1.55 ± 0.93	1.96 ± 0.88
判断标准 β	0.87 ± 0.83	1.17 ± 0.83	0.79 ± 0.69	0.89 ± 0.56

根据信号检测论,将个体的客观感受性和主观判断区分开,得到 4 种刺激类型下被试的辨别力指标 d' 和判断标准 β (表 2)。辨别力指标 d' 越大表明被试对信号的敏感性越高,4 种条件下 d' 从大到小依次是纯听觉、视听一致、视听不一致、纯视觉,说明在纯听觉条件下最能区分出信号和噪音,而纯视觉条件下的辨别力最差。重复测量方差分析结果表明,刺激类型主效应不显著 [$F_{(3,90)}=1.640, P>0.05, \eta_p^2=0.052$]。4 种刺激类型下判断标准 β 从大到小依次是视听不一致、纯听觉、视听一致、纯视觉,只有在视听不一致条件下被试的判断标准比较严格,其他 3 种条件都比较宽松。重复测量方差分析结果表明,刺激类型主效应不显著 [$F_{(3,90)}=1.62, P>0.05, \eta_p^2=0.051$]。

由于人的反应速度与准确性存在固有的权衡现象,本研究统计视听一致、纯视觉和纯听觉条件下被试反应时和准确率的相关性显示,所有条件下的反应时与准确率相关系数均不显著(表 3)。因此,可以排除被试单方面追求速度(或准确性)而牺牲准确性(或速度)的反应倾向,提高单方面分析反应时指标或准确率指标的有效性。

表 3 3 种条件下正确率与反应时的相关系数
Table 3 Correlation Coefficient between Accuracy and Reaction Time in the Three Conditions

	正确率与反应时的相关系数	P
视听一致条件	-0.248	>0.05
纯视觉条件	0.118	>0.05
纯听觉条件	-0.175	>0.05

正确率结果显示,视听一致($M=81.55\% \pm 13.07\%$)、纯听觉($M=83.29\% \pm 12.63\%$)和纯视觉($M=74.84\% \pm 15.10\%$)3 种条件下正确率均超过随机水平(50%)。重复测量方差分析发现,刺激类型主效应显著 [$F_{(2,60)}=4.17, P<0.05, \eta_p^2=0.122$]。事后检验发现,视听一致($P<0.05$)与纯听觉($P<0.05$)的正确率均显著高于纯视觉,视听一致与纯听觉的正确率之间未见显著差异(图 2)。

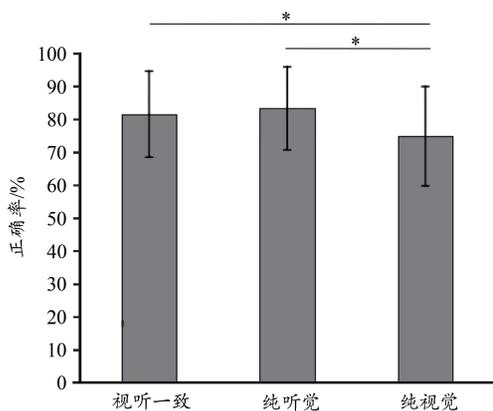


图 2 3 种条件下被试反应的正确率
Figure 2. Subjects' Response Accuracy in the Three Conditions

视听不一致条件下,依靠听觉信息($M=61.39\% \pm 27.13\%$)进行决策的比率显著高于依靠视觉信息($M=38.61\% \pm 27.13\%, t=2.44, P<0.05$;图 3)。

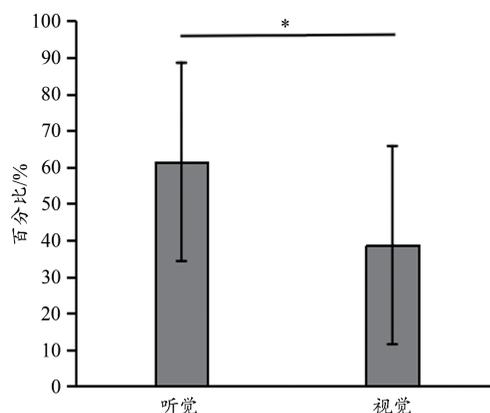


图 3 在不一致条件下,被试作出判断所依靠的信息来源
Figure 3. The Source of Information on which the Subjects Make Judgments under Inconsistent Conditions

以上结果表明,刺激类型对被试的发球旋转判断正确性有显著影响,其中,视听一致和纯听觉条件下的正确率在统计学上显著高于纯视觉,视听不一致条件下被试主要依靠听觉信息进行决策判断。

3 讨论

3.1 听觉信息在乒乓球发球旋转判断中的作用

结果表明,虽然在 4 种不同条件下被试的反应时未见显著差异,但被试在纯听觉条件下的正确率最高、感受性最好,即当只给被试呈现发球的听觉信息时,被试在判断发球是否旋转时的表现优于只呈现视觉信息,甚至比视听一致条件下的表现更好。这一结果与以往研究结果一致(Allerdissen et al., 2017; Camponogara et al., 2017; Sors et al., 2017)。以上结果均表明,在某些特定运动情境下,单独的听觉信息在个体进行判断或识别时的作用似乎比单独视觉信息作用更大。

这可能是因为:1)运动员的发球动作相似,而且存在假动作等干扰行为,增加了运动员利用视觉信息进行判断的困难;2)视觉通道输入的信息过多增加了个体的认知负荷,使运动员无法抓住关键和正确信息而降低判断的准确性;3)早期听觉信息具有数量少、有效信息占比多等特点,使得运动员可以快速、准确地作出反应。因此,在判断乒乓球发球是否旋转时,早期听觉信息在其中起到至关重要的作用,甚至对于具有长期运动经验的专业运动员来说,只凭借听觉信息就可以准确判断发球旋转。

3.2 多感觉整合促进运动决策与反应

本研究中,视听一致的刺激更加接近运动员在比赛和训练中的真实情景,在这种条件下个体可以很好地完成任务。根据跨模态整合理论解释个体在进行感知任务

时,大脑可以将来自不同感觉通道的信息进行整合以提高表现,即各种不同的感觉信息在大脑中通过跨模态整合可以提高个体感知环境并正确作出反应的能力(Desantis et al., 2014)。

Park等(2016)以乒乓球发球视频为实验刺激材料,采用时间阻断技术给乒乓球运动员呈现不同水平的发球视频,要求被试基于视觉和听觉信息判断发球的方向和旋转,结果表明,在复杂环境下,仅通过视觉信息无法准确判断发球旋转,而在视觉信息上增加听觉信息时可以提高被试对发球旋转的判断能力。这一结果与本研究一致,在视觉信息加入听觉信息后(即实验中的视听一致条件)被试的表现显著提高,说明视觉信息和听觉信息的结合在判断乒乓球发球旋转并进行决策的过程中起到促进作用。听觉信息的加入,可以补充视觉信息的不足,运动员通过视听信息整合提高判断能力进而促进运动决策,表明多感觉信息同时存在时,听觉信息在其中的关键作用。

3.3 在视听冲突时听觉信息存在优势

视听不一致条件下,乒乓球专业运动员在判断乒乓球旋转时更多依靠听觉信息而不是视觉信息。在一项关于网球的研究中也得出类似结论,网球运动员在不知道击球声音的大小是被控制的情况下,会根据击球声音大小预测球的轨迹,而不是根据击球的视觉信息(Cañal-Bruland et al., 2018)。Sors等(2018)对之前的研究进行改进,要求被试对排球发球落点进行预测,也得到在视听不一致条件下被试预测发球落点时偏向依赖早期听觉信息的结论。

实验结束后询问被试在视听不一致条件中的感受,多数被试并没有意识到视觉和听觉是有冲突的,也没有意识到自己更多的是根据声音作出反应。实际实验中,个体在不一致条件下反应的判断标准表明,不一致刺激仍然引发认知冲突,因此被试在作反应时更加谨慎,表明被试在认知冲突的情况下仍更多地采用听觉信息进行判断。正如行动观察的预测理论表明,人类处于需要预测他人行动的情境中时,大脑似乎是根据之前已经储存的经验对外界输入的信息进行解释(Arnal et al., 2012)。在长期的训练中,专业运动员的大脑中已经储存大量专业知识和运动经验,在产生认知冲突的条件下,个体显然会根据主观上认为比较可靠的信息来作出判断。

3.4 对反应时指标的理解

被试在4种实验条件下的反应时没有显著差异。一般来说,同时产生的听觉刺激所携带的信息比视觉刺激少。Kemp(1973)发现,听觉刺激到达大脑的速度比视觉刺激快。Thompson等(1992)发现,对视觉刺激的反应要比听觉刺激的反应慢40 ms左右,因此个体在处理听觉刺激时所产生的认知负荷较小,对听觉刺激的反应时间更短、反应速度更快。考虑到前人研究所使用的刺激比较

简单,没有与个体经验相联系,因此本研究要求被试依据长期运动经验对刺激作出反应,更多的是决策而不是简单的刺激反应,被试反应时没有差异的原因是在接受刺激阶段还是在决策阶段需要进一步证实。而且在实验设计上,并没有要求被试在一接收到刺激就进行反应,所以反应时并不能真正代表被试对不同刺激的反应时间,后续研究可以进一步改善实验设计。

3.5 知觉训练的重要性

乒乓球运动员对接发球旋转的判断在乒乓球项目中是一个典型的决策过程,优秀运动员在接发球判断时最重要的思维活动特点是能在恰当的、短暂的时间内有效捕捉到重要信息。研究发现,可以通过对早期信息的感知训练提高运动员的判断能力(Jackson, 2003; Murgia et al., 2014)。在比赛和训练过程中,大量信息输入运动员大脑,产生较高的认知负荷,不利于运动员瞬间有效地抓取关键信息,因此找到低负载、高精度的感知训练方法以更好地提高成绩是非常有必要的。

以往研究多集中于验证视觉信息对乒乓球运动的重要作用。在实际比赛中,高水平运动员经常使用极其相似的动作进行不同旋转方式的发球,因此,仅凭视觉信息可能不能对乒乓球的旋转作出正确判断,这时听觉信息可能提供更多相关信息,有利于接发球运动员提前做好应对准备,由被动防守转为主动进攻。比赛中,运动员并不总能得到完整一致的视听信息,这时就需要借助准确率同样很高的早期听觉信息对发球进行判断,以更好地作出应对。本研究发现,早期听觉信息有利于乒乓球运动员判断发球旋转,可以为改善运动训练提供更多的方法。

3.6 本研究的不足与展望

1)本研究结果是在实验室情境中得出的,排除了很多无关干扰,但在真实训练和比赛情境中影响运动员表现的因素更多。2)本研究只考虑了2种发球方式,但乒乓球发球方式复杂多样,后续研究可以进一步扩展实验条件以完善相关研究。3)本研究只在行为层面进行了分析,今后可以利用事件相关电位技术、功能性核磁共振技术等,进一步探索乒乓球运动员在利用视觉和听觉信息进行判断时认知加工的神经活动特点,在神经科学层面提供更多证据。

4 结论

乒乓球运动员判断对手发球旋转属性依靠早期听觉和视觉信息加工;在乒乓球运动员判断发球旋转时,听觉信息比视觉信息提供更多的相关线索。

参考文献:

高艳敏,杨文礼,杨剑,2013.时空阻断对乒乓球运动员接发球预判绩效的干预研究[J].天津体育学院学报,28(1):18-21.

- 郭秀艳, 2004. 实验心理学[M]. 北京: 人民教育出版社.
- 李今亮, 2005. 乒乓球运动员接发球判断的思维活动特征[D]. 北京: 北京体育大学.
- 卢永妍, 2019. 使用不同材质乒乓球下刘诗雯、丁宁技战术特征的比较研究[D]. 北京: 北京体育大学.
- 彭聃龄, 2012. 普通心理学[M]. 北京: 北京师范大学出版社.
- 徐立彬, 李安民, 2013. 乒乓球运动员对发球知觉判断的启动效应研究[J]. 天津体育学院学报, 28(4): 310-314.
- 章建成, 施之皓, 李安民, 等, 2013. 乒乓球运动员对发球旋转的认知加工特征[J]. 体育科学, 33(1): 42-51.
- 张玉慧, 章建成, 李安民, 等, 2013. 高水平乒乓球运动员发球旋转判断过程中的神经心理机制[J]. 上海体育学院学报, 37(3): 76-83.
- AGOSTINI T, RIGHI G, GALMONTE A, et al., 2004. The Relevance of Auditory Information in Optimizing Hammer Throwers Performance [M]. Biomechanics and Sports. Vienna: Springer Vienna: 67-74.
- ALLERDISSEN M, GÜLDENPENNING I, SCHACK T, et al., 2017. Recognizing fencing attacks from auditory and visual information: A comparison between expert fencers and novices[J]. Psychol Sport Exerc, 31: 123-130.
- ARNAL L H, GIRAUD A L, 2012. Cortical oscillations and sensory predictions[J]. Trends Cogn Sci, 16(7): 390-398.
- BUCHTEL H A, BUTTER C M, AYVASIK B, 1996. Effects of stimulus source and intensity on covert orientation to auditory stimuli[J]. Neuropsychologia, 34(10): 979-985.
- CAMPOGARA I, RODGER M, CRAIG C, et al., 2017. Expert players accurately detect an opponent's movement intentions through sound alone[J]. J Exp Psychol Hum Percept Perform, 43(2): 348-359.
- CAÑAL-BRULAND R, MÜLLER F, LACH B, et al., 2018. Auditory contributions to visual anticipation in tennis[J]. Psychol Sport Exerc, 36: 100-103.
- DESANTIS A, MAMASSIAN P, LISI M, et al., 2014. The prediction of visual stimuli influences auditory loudness discrimination [J]. Exp Brain Res, 232(10): 3317-3324.
- JACKSON R, 2003. Evaluating the evidence for implicit perceptual learning: A re-analysis of Farrow and Abernethy(2002)[J]. J Sports Sci, 21(6): 503-509.
- KEMP B J, 1973. Reaction time of young and elderly subjects in relation to perceptual deprivation and signal-on versus signal-off conditions[J]. Dev Psychol, 8(2): 268-272.
- KONTTINEN N, MONONEN K, VIITASALO J, et al., 2004. The effects of augmented auditory feedback on psychomotor skill learning in precision shooting[J]. J Sport Exerc Psychol, 26(2): 306-316.
- MÜLLER F, JAUERNIG L, CAÑAL-BRULAND R, 2019. The sound of speed: How grunting affects opponents' anticipation in tennis[J]. PLoS One, doi: 10.1371/journal.pone.0214819.
- MURGIA M, GALMONTE A, 2015. Editorial: The role of sound in motor perception and execution[J]. Open Psychol J, 8(1): 171-173.
- MURGIA M, SORS F, MURONI A F, et al., 2014. Using perceptual home-training to improve anticipation skills of soccer goalkeepers[J]. Psychol Sport Exerc, 15(6): 642-648.
- PARK S H, KIM S, KWON M, et al., 2016. Differential contribution of visual and auditory information to accurately predict the direction and rotational motion of a visual stimulus [J]. Appl Physiol Nutr Metab, 41(3): 244-248.
- PIZZAMIGLIO L, APRILE T, SPITONI G, et al., 2005. Separate neural systems for processing action-or non-action-related sounds [J]. NeuroImage, 24(3): 852-861.
- SCHAFFERT N, JANZEN T B, MATTES K, et al., 2019. A review on the relationship between sound and movement in sports and rehabilitation[J]. Front Psychol, doi: 10.3389/fpsyg.2019.00244.
- SCHAFFERT N, OLDAG B, CESARI P, 2020. Sound Matters: The Impact of Auditory Deprivation on Movement Precision in Rowing[J]. Eur J Sport Sci, 7: 1-8.
- SORS F, LATH F, BADER A, et al., 2018. Predicting the length of volleyball serves: The role of early auditory and visual information[J]. PLoS One, doi: 10.1371/journal.pone.0208174.
- SORS F, MURGIA M, SANTORO I, et al., 2017. The contribution of early auditory and visual information to the discrimination of shot power in ball sports[J]. Psychol Sport Exerc, 31: 44-51.
- TAKEUCHI T, 1993. Auditory information in playing tennis[J]. Percept Motor Skills, 76(3): 1323-1328.
- THOMPSON P D, COLEBATCH J G, BROWN P, et al., 1992. Voluntary stimulus-sensitive jerks and jumps mimicking myoclonus or pathological startle syndromes[J]. Mov Disord, 7(3): 257-262.
- VROOMEN J, DE GELDER B, 2000. Sound enhances visual perception: Cross-modal effects of auditory organization on vision[J]. J Exp Psychol Human Percept Perform, 26(5): 1583-1590.
- WOODS E A, HERNANDEZ A E, WAGNER V E, et al., 2014. Expert athletes activate somatosensory and motor planning regions of the brain when passively listening to familiar sports sounds[J]. Brain Cogn, 87: 122-133.
- XU H, WANG P, YE Z, 2016. The role of medial frontal cortex in action anticipation in professional badminton players[J]. Front Psychol, doi: 10.3389/fpsyg.2016.01817.
- ZHAO Q, LU Y, JAQUESS K J, et al., 2018. Utilization of cues in action anticipation in table tennis players[J]. J Sports Sci, 36(23): 2699-2705.

(收稿日期: 2020-04-13; 修订日期: 2021-11-23; 编辑: 尹航)