



得失情境下不同水平守门员的风险偏好与知觉预测研究 ——来自fNIRS的证据

康江辉¹, 邓 炜¹, 黄志剑^{2*}

(1. 武汉体育学院 健康科学学院, 湖北 武汉 430070; 2. 湖北大学 体育学院, 湖北 武汉 430061)

摘要:目的:了解得失情境下不同水平守门员的风险偏好的行为规律,并探讨得失情境下守门员知觉预测能力的变化及其相关认知神经特征。方法:采用单因素的实验设计,探索不同水平守门员基于先验信息进行知觉预测的大脑活动差异;采用双因素混合实验设计,探究得失情境信息影响守门员风险偏好和知觉预测表现的神经机制。结果:1)专家组守门员的知觉预测正确率显著高于新手组守门员,专家组与新手组的右侧角回和背外侧前额叶激活存在显著差异。2)损失情境下,两组守门员均偏好低风险低收益任务;收益情境下,专家守门员偏好高风险高收益任务。3)得失情境下,守门员的知觉预测组间差异不显著;在损失情境下,新手守门员知觉预测表现得到显著提升,右侧角回和视觉联络皮层激活显著增强。结论:1)守门员的知觉预测优势与右侧角回和背外侧前额叶有关。2)得失情境下的风险偏好规律在守门员中部分具有适用性。损失情境能增强新手守门员的右侧角回和视觉联络皮层激活程度,提高知觉预测表现。

关键词:知觉预测;得失情境;风险偏好;守门员;功能性近红外

中图分类号:G804.8 **文献标识码:**A

知觉预测(perceptual anticipation)是利用不完整信息或先验信息预测未来事件的信息加工过程(赵洪朋等, 2010)。在许多运动项目中,高水平运动员的知觉预测能力被视为专家优势的主要表现(崔运坤等, 2016;孙连洁, 2011;王小春等, 2013;徐立彬, 2020;Wright et al., 2007, 2011)。守门员专家优势表现在对运动学(视觉)信息的收集上,高水平守门员经过长期的专业训练在加工动作信息的方法和策略方面具有其优势(洪晓彬等, 2020; Hosp et al., 2021; Savelsbergh et al., 2002)。研究认为,守门员依据对手的摆动脚(Williams et al., 1993)、支撑脚的指向(Franks et al., 1997; Savelsbergh et al., 2002)判断点球方向。Causer等(2015)的研究发现,难以获得对手臀部位置信息的守门员知觉预测成绩较低。此类研究旨在证明专家守门员在扑救点球时采用了更加合理的视觉搜索策略(Bar-Eli et al., 2009; Belling et al., 2014; Mann et al., 2007)。然而,守门员仅依据运动学信息进行知觉预测既不符合实际点球情况,也存在较大的冒险性。为作出更合理的知觉预测,守门员会在点球过程中尽可能获取其他非运动学(情境)信息,主要包括赛场比分、足球场上罚点球运动员的站立位置、对手以往比赛的动作偏好、对手的特定制动作或者动作序列以及比赛的场地环境等(王泽

军等, 2021)。在点球环节给守门员提供对手的先验信息是许多队伍都会进行的赛前准备(Memmert et al., 2016)。Navia等(2013)的研究发现,守门员能从关于对手点球偏好的先验信息中获益,在先验信息方向与实际点球方向一致时,其知觉预测成绩会得到显著提升。Gredin等(2018)的研究发现,明确的先验信息会影响专家的视觉注意分配,改变专家对点球结果的预期,并且在先验信息与实际射门方向不一致时,专家守门员仍表现出优于新手的知觉预测成绩。将先验信息作为控制变量,进行这种基于先验信息的守门员知觉预测研究有利于提高研究的生态效度。

揭示专家运动员知觉预测的认知神经特征和脑机制是运动心理学领域的重要问题。Bishop等(2013)研究发现,足球运动员的高知觉预测能力与枕下回、颞上回和顶上小叶的激活水平相关。Kuriyama等(2015)研究发现,专家守门员在观看点球视频时前额叶的激活程度显著高

收稿日期: 2022-03-22; 修订日期: 2022-06-25

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFF0306500)。

第一作者简介: 康江辉(1995-),男,硕士,主要研究方向为运动心理学, E-mail: kjh1225@163.com。

*通信作者简介: 黄志剑(1972-),男,教授,博士,主要研究方向为运动心理学, E-mail: 444294845@qq.com。

于新手守门员,但实验中未设置知觉预测任务,不能充分反映守门员知觉预测优势的认知神经特征。有研究使用重复经颅磁刺激干预发现,背外侧前额叶的激活与知觉预测表现的提高存在同步性(李巍,2020)。使用经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)激活专家守门员的顶叶和前额叶,其知觉预测表现显著提升(Gold et al., 2021)。但以往的研究大多未对守门员提供先验信息,普遍存在研究结果生态效度较低问题。Wang等(2019)使用脑电技术研究先验信息条件下守门员的认知神经特征,结果表明,专家守门员在先验信息与射门方向不一致时,仍表现出优于新手的知觉预测成绩,这与顶叶和枕叶区域的激活有关,但存在空间分辨率不高的短板。综上,基于先验信息的守门员知觉预测脑机制尚不清楚,其认知神经优势是否仍存在于背外侧前额叶、顶叶和枕叶脑区有必要进行相关研究。

前景理论的框架效应认为,对一个客观上相同的问题的不同表述方式会导致不同的风险偏好(Martino et al., 2006)。得失情境是指对同一价值问题的收益和损失两种不同语言描述方式(李欣悦等,2021),会对个体风险偏好产生不同影响。Levin等(2003)使用“杯子任务”发现,个体在收益情境下偏向于风险回避,在损失情境下偏向于风险追求。比赛中运动员经常面临收益和损失情境(洪晓彬等,2018;杨勇涛等,2015),风险偏好很容易受到框架效应的影响。研究发现,在优秀运动员身上存在框架效应(常淑芝等,2021;李胜明等,2009)。有学者编制体育情境风险偏好问卷,从前景理论的机制、内容和应用三方面入手,系统地验证框架效应存在于多数体育情境中(黄志剑等,2012)。但目前对于守门员风险偏好的研究尚不多见。了解点球过程中守门员的行为规律对于摆脱框架效应形成合理的点球策略具有重要意义。得失情境激活的脑区与知觉预测任务相关脑区存在较多重合。在收益情境下,额叶皮质、顶叶皮质、中央区等脑区存在显著激活。在损失情境下,额叶皮质、顶叶皮质、杏仁核等脑区存在显著激活(何飞,2009)。Tobler等(2007)的研究发现,背外侧前额叶的主要功能是将概率信号和主观价值信号整合到一个与个体风险态度共同变化的信号中。收益情境下,背外侧前额叶皮质区域会诱发更大的血流动力学信号(Holper et al., 2014)。有研究认为,个体对概率信息、表征信息的处理与后顶叶皮质和外侧前额叶皮层的激活有关(Ino et al., 2010)。而以往研究少有考虑运动员知觉预测前心理活动对任务表现产生的影响。

综上所述,守门员在点球过程中由于可利用信息的局限性和反应时间的紧迫性,需要在对手完成射门前采取行动。在这种情况下,先验信息是守门员知觉预测的重要依据(王泽军等,2021)。在得失情境下,个体对先验信

息的风险偏好会产生系统偏差(常淑芝等,2021;李欣悦等,2021;马文等,2012)。这会先验信息的提示作用,进而导致守门员的知觉预测表现发生变化(常淑芝等,2021;姬庆春,2019;Wang et al., 2019),从认知神经角度出发,脑区活性变化会对其负责的认知活动产生影响。从前文的认知神经研究中可知,知觉预测的脑区主要包括额叶、顶叶和枕叶。得失情境下个体的风险评估和加工会诱发这些脑区的激活。故而得失情境下的风险偏好对大脑的激活或抑制会影响守门员的知觉预测能力,但有待提供相关的认知神经证据。

功能性近红外光谱技术(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)是利用近红外光检测大脑皮质功能活动的一种常规的功能性脑成像工具,它能探测皮层中氧合血红蛋白浓度(oxygenated-hemoglobin, HbO)和脱氧血红蛋白浓度(deoxygenated-hemoglobin, HbR)的变化,具有较强的脑区空间分辨率,使用场景较为灵活,实验成本较低,适合进行大样本的研究。与功能性核磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)相比, fNIRS可以在自然状态下进行,实验设备不会产生较大的噪声影响被试的任务表现。同时, fNIRS对实验过程中的动作不是特别敏感,对被试动作的宽容度较高,这种特性要明显优于脑电(electroencephalogram, EEG)设备。近红外设备为脑成像研究开辟了新的途径,尤其适合在与身体活动紧密相关的运动心理学研究中使用。

本研究采用视频阻断技术和fNIRS设备,研究得失情境下不同水平守门员的风险偏好和知觉预测。首先确定实验材料在区分守门员水平上的有效性以及专家知觉预测优势的相关脑区。然后,分析得失情境对守门员风险偏好和知觉预测的影响,以及得失情境对专家优势脑区的影响。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

16名专家守门员和16名新手守门员参与本研究。专家组均为国家二级以上运动员,有规律训练6年以上,且最近一个月均有参与系统训练。新手组无足球相关运动等级,未经历过系统的专业训练,但在公开的校级以上比赛中有守门员经历,且最近一个月仍有参加足球赛事。参与实验的被试性别均为男性。专家组平均年龄为(21.78±1.73)岁,平均训练年限为(9.87±2.06)年。新手组平均年龄为(22.92±2.98)岁,平均参与年限为(5.35±3.82)年。两组守门员均为右利手/脚,视力正常,裸眼视力均在1.0以上,无色盲色弱现象,无神经病史,无严重躯体疾病,无酒精或者药物依赖。在参与实验前3h内未摄入任何促进和抑制大脑神经兴奋性的物质。

1.2 实验材料

使用专业三脚架将摄像机固定于球门门线中点前,摄像机垂直高度调整为150 cm。以罚球点为圆心,远离球门的垂线为正方向,要求罚球员站在距离罚球点350 cm的东北(或西北)位置,采用匀速助跑的方式完成射门,射门过程中不会有其他欺骗性动作。罚球运动员需将足球射向球门的左上、左下、右上和右下4个区域,保留所有成功射进球门的点球视频,共计80个进球。使用Adobe Premiere Pro CS6软件对视频进行剪辑。截取从助跑到射门脚触球前200 ms之间共计2 000 ms的视频作为判断材料,触球前200 ms到进球后共计2 000 ms的视频作为结果的反馈材料。经两名足球经验丰富的专家老师评议,删除区分度不高的进球视频9个,保留有效视频71个。

1.3 实验设计

研究采用单因素实验设计,分析专家守门员和新手守门员在进行点球方向知觉预测时的行为反应和认知神经特征。因变量为点球方向判断的正确率、反应时和近红外数据结果。实验包括练习阶段和实验阶段。练习阶段包含10粒点球,该阶段的数据不纳入后续的分析。实验阶段包含40粒点球,被试在完成前20粒点球后休息2 min。实验开始,被试会被提供点球的先验信息:“该球射向左边的概率为70%(30%),射向右边的概率为30%(70%)”。先验信息之后呈现1 000 ms的“+”注视点提醒被试注意。注视点结束后呈现2 000 ms的视频判断材料。被试需要根据视频材料的信息进行扑球方向的选择,如果认为足球将射向左边,按“F”键进行反应,如果认为足球将射向右边,按“J”键进行反应。为尽量接近真实的点球情境,被试的方向判断必须在1 000 ms以内完成,不在时间窗内进行反应的结果不纳入数据统计分析。在完成判断后会呈现2 000 ms的反馈视频,将点球实际射向的方向反馈给被试。反馈视频结束后有8 s的静息时间(图1)。

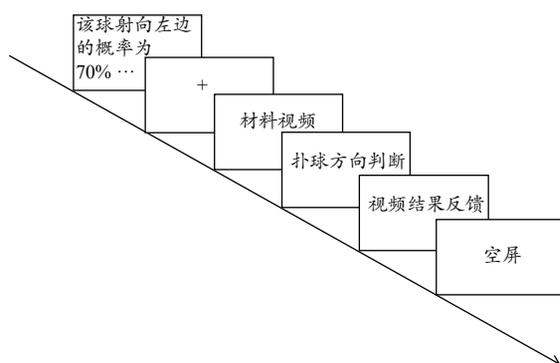


图1 不同水平守门员知觉预测实验流程
Figure 1. Experimental Procedure of Goalkeeper Perceptual Anticipation at Different Levels

采用单因素实验设计,分析专家和新手守门员在得失情境下的风险偏好。采用双因素混合实验设计,分析专家和新手守门员在得失情境下进行点球方向知觉预测时

的行为反应和认知神经特征。因变量为点球方向判断的正确率、反应时和近红外数据结果。本实验共有两轮点球,每轮20粒点球,点球游戏分为两个阶段:猜球阶段和视频判断阶段。猜球阶段呈现三个由“杯子任务”改编的风险决策方案供被试进行选择,各方案的客观价值相同,即各方案损失(获得)的金币数与方案概率的积相等($280 \times 30\% = 120 \times 70\% = 84 \times 100\%$)。决策任务分为损失情境和收益情境,每种情境下前10粒点球与后10粒点球概率比例相反,并按照ABBA方式进行平衡。

损失情境方案如下:根据之前的统计发现,对手该球70%(30%)的概率射向左边,30%(70%)的概率射向右边。可以根据以上信息通过按键提前押宝对手射门方向。方案A:放弃押宝直接损失84枚金币。方案B:押宝左边,如果球射向左边不会损失金币,否则会损失280(120)枚金币。方案C:押宝右边,如果球射向右边不会损失金币,否则会损失120(280)枚金币。如果在判断阶段能正确判断罚球运动员的射门方向将获得84枚金币。如果预选方案为A,请按“A”键;如果预选方案为B;请按“B”键,如果预选方案为C,请按“C”键。

收益情境方案如下:根据之前的统计发现,对手该球70%(30%)的概率射向左边,30%(70%)的概率射向右边。”可以根据以上信息通过按键提前押宝对手射门方向。方案A:放弃押宝直接获得84枚金币。方案B:押宝左边,如果球射向左边会获得120(280)枚金币,否则不会得到金币。方案C:押宝右边,如果球射向右边会获得280(120)枚金币,否则不会得到金币。如果在判断阶段能正确判断罚球运动员的射门方向将获得84枚金币。如果预选方案为A,请按“A”键;如果预选方案为B;请按“B”键,如果预选方案为C,请按“C”键。

猜球阶段被试进行按键反应后将进入视频判断阶段。视频判断阶段的刺激呈现方式和被试反应方式与前一实验相同(图2)。实验开始前告诉被试参与实验会有一个基础的被试报酬,但这个报酬会根据自己在实验中赚取或损失的金币发生变化,为了更好地调动被试的积极性,并未告诉被试实验中金币和报酬之间的汇率。确认被试能够很好地理解实验任务后,才允许被试开始实验。使用E-prime 3.0软件记录被试的行为数据结果和风险偏好方案选择。风险偏好方案选择按以下方式进行统计:放弃押宝记为风险规避,押宝大概率方向记为低风险偏好,押宝小概率方向记为高风险偏好。

1.4 数据采集

被试在进入实验室后需要填写个人信息登记表,在主试的指导下认真阅读并签署知情同意书。被试坐在电脑前,由实验助手佩戴NIRS-EEG兼容近红外数据采集帽,并对设备进行调整以达到所有由近红外光源和探测器形成的通道都能较好地收集到数据。使用NIRStar软件记

录被试的任务过程中脑内的氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白浓度的变化。

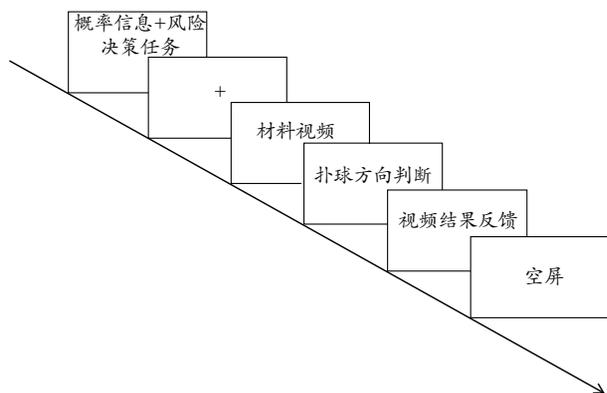


图2 得失情境下不同水平守门员知觉预测实验流程
Figure 2. Experimental Procedure of Goalkeeper Perceptual Anticipation at Different Levels under Gain-lose

使用NIRSite软件在额叶(FZ、F1、F2、F3、F4、AFz、AF3、AF4等)和顶枕叶(PZ、POz、PO3、PO4、PO7、PO8等)区域布置16个双波长光源(785 nm和830 nm)和16个探测器,光源和探测器之间的平均距离为3.09 cm,形成44个探测通道,用字母和数字组合表示探头类型和序号,如“S1”表示1号光源,“D2”表示2号探测器,紫色线段表示光源和探测器形成的近红外通道(图3)。通过概率配准方法将近红外通道坐标与MNI空间坐标进行配准,并获得通道与布鲁德曼分区和ALL分区之间的对应关系(表1)。

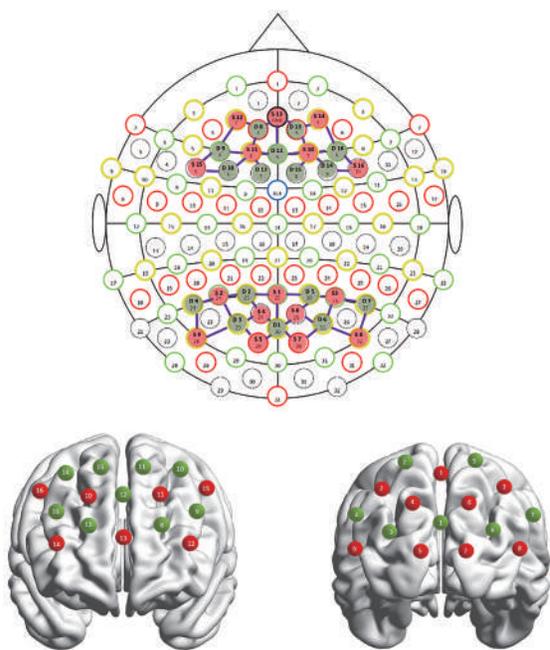


图3 光源和探测器空间分布图
Figure 3. Spatial Distribution of Light and Detector

1.5 数据分析

在SPSS中使用独立样本t检验计算专家组和新手组

守门员进行点球方向判断的正确率和反应时差异。使用两组双因素重复测量方差分析检验得失情境(无情境 & 损失情境、无情境 & 收益情境)下不同水平(专家组、新手组)守门员点球方向判断的正确率和反应时差异。使用 χ^2 检验分析得失情境下不同水平守门员风险偏好的差异。

使用Matlab功能包nirsLAB(v2019)对近红外数据进行处理,通过带通滤波滤除小于0.01 Hz和大于0.2 Hz的频率成分,从而消除仪器产生的噪音和呼吸心跳等引起的生理噪音,同时去除运动伪迹。根据modified Beer-Lambert law将光学数据转换为血氧数据 Δ [HbO]和 Δ [HbR],再通过一般线性模型(general linear model, GLM)分析获得守门员知觉预测条件下的 β 值。由于HbO指标对任务刺激的变化更加敏感,与fMRI的血氧水平依赖(blood-oxygenation level-dependent, BOLD)信号相关性更好(Abe et al., 2019),因此本研究主要分析任务相关的HbO变化。使用相关分析计算各通道 β 值与点球方向判断正确率之间的相关系数。使用独立样本t检验分析专家组和新手组在各通道上 β 值的差异。将情境条件(无情境、损失情境)和组别(专家组、新手组)作为自变量,各通道的 β 值作为因变量进行双因素重复测量的方差分析。将情境条件(收益情境、无情境)和组别(专家组、新手组)作为自变量,各通道的 β 值作为因变量进行双因素重复测量的方差分析。

2 研究结果

2.1 行为结果

2.1.1 不同水平守门员的知觉预测结果

专家组守门员的知觉预测正确率为68.13%±8.83%,新手组守门员的知觉预测正确率为56.69%±9.45%(图4)。专家组守门员的知觉预测反应时为(407.02±134.89)ms,新手组守门员反应时为(317.74±136.78)ms(图5)。方差齐性检验表明,专家组和新手组守门员在知觉预测正确率($F=0.041, P=0.842$)和反应时($F=0.03, P=0.863$)上均不存在显著差异,适合进行参数检验。对专家组和新手组守门员的知觉预测正确率和反应时进行独立样本t检验。结果表明,专家组的知觉预测正确率显著高于新手组守门员($t=3.425, P=0.002$);专家组和新手组守门员的反应时之间不存在显著差异($t=1.800, P=0.083$)。

2.1.2 得失情境下不同水平守门员的知觉预测结果

在损失情境下,专家组守门员的知觉预测正确率为65.96%±13.89%,反应时为(450.37±172.28)ms,新手组守门员的知觉预测正确率为66.34±13.28%,反应时为(351.42±149.87)ms。在收益情境下,专家组守门员的知觉预测正确率为65.65%±10.89%,反应时为(417.78±121.56)ms,新手组守门员的知觉预测正确率为60.30%±10.57%(图6),反应时为(332.88±154.46)ms(图7)。

将损失情境(无情境、损失情境)和组别(专家组、新手组)作为自变量,分别将知觉预测正确率和反应时作为因变量进行双因素重复测量方差分析。结果显示,在知觉预测正确率上,情境条件的主效应不显著($P=0.454$),组别的主效应不显著($P=0.116$),交互作用显著

($P=0.038$)。简单效应分析发现,新手组守门员在无损失情境和损失情境下的知觉预测正确率存在显著差异($P=0.032$)。在判断反应时上,损失情境条件的主效应不显著($P=0.184$),组别主效应不显著($P=0.058$),交互作用不显著($P=0.955$)。

表1 实验测量脑区的布鲁德曼分区和ALL分区
Table 1 Experimental Measurements of Brodmann and ALL

通道	MNI坐标			ALL分区		布鲁德曼分区(BA)	
	X	Y	Z	脑区	概率	脑区	概率
1	-4.23	-76.71	57.07	左侧楔前叶	0.70	7-躯体感觉联合皮层	1.00
2	-14.40	-70.93	66.87	左侧楔前叶	0.53	7-躯体感觉联合皮层	1.00
3	14.15	-71.26	66.70	右侧顶上回	0.71	7-躯体感觉联合皮层	1.00
4	-39.77	-72.95	53.07	左侧角回	0.55	7-躯体感觉联合皮层	0.68
5	-41.25	-82.37	40.77	左侧枕中回	0.78	19-视觉联络皮层	0.59
6	-53.24	-72.29	37.07	左侧角回	0.87	39-角回,威尔尼克区部分	1.00
7	39.57	-72.50	53.45	右侧角回	0.54	7-躯体感觉联合皮层	0.77
8	40.90	-82.16	41.61	右侧枕中回	0.45	19-视觉联络皮层	0.67
9	53.55	-71.58	37.29	右侧角回	0.88	39-角回,威尔尼克区部分	1.00
10	-11.83	-86.09	46.39	左侧枕上回	0.78	19-视觉联络皮层	0.72
11	-19.78	-76.73	61.30	左侧顶上回	0.72	7-躯体感觉联合皮层	1.00
12	-23.75	-88.94	44.09	左侧枕上回	0.69	19-视觉联络皮层	0.91
13	-9.76	-95.59	32.40	左侧枕上回	0.65	18-次级视觉皮层	0.75
14	-20.88	-98.59	26.74	左侧枕上回	0.90	18-次级视觉皮层	0.83
15	11.32	-84.30	49.29	左侧楔叶	0.45	7-躯体感觉联合皮层	0.56
16	18.18	-76.49	61.87	右侧顶上回	0.79	7-躯体感觉联合皮层	1.00
17	22.61	-89.17	44.19	右侧枕上回	0.60	19-视觉联络皮层	0.91
18	9.32	-95.01	33.36	右侧枕上回	0.45	18-次级视觉皮层	0.59
19	21.55	-97.64	27.69	右侧枕中回	0.99	18-次级视觉皮层	0.90
20	39.88	-92.03	15.79	右侧枕中回	0.71	19-视觉联络皮层	0.60
21	53.18	-80.83	10.44	右侧枕中回	0.71	19-视觉联络皮层	0.86
22	-40.50	-91.71	15.67	右侧枕中回	1.00	19-视觉联络皮层	0.69
23	-52.78	-81.44	10.42	右内侧额上回	0.90	19-视觉联络皮层	0.97
24	9.97	50.95	48.59	右内侧额上回	0.63	9-背外侧前额叶皮层	0.97
25	21.15	54.56	38.62	右侧额中回	0.87	9-背外侧前额叶皮层	0.89
26	31.84	41.46	46.41	右侧额中回	0.74	9-背外侧前额叶皮层	0.99
27	18.78	41.82	52.67	右侧额上回	0.85	9-背外侧前额叶皮层	0.69
28	32.23	48.80	38.15	右侧额中回	0.76	9-背外侧前额叶皮层	0.63
29	-22.68	54.81	38.42	左侧额上回	0.74	9-背外侧前额叶皮层	0.71
30	-32.29	47.64	39.20	左侧额中回	0.70	9-背外侧前额叶皮层	0.57
31	-33.55	41.08	45.72	左侧额中回	0.75	9-背外侧前额叶皮层	0.94
32	-18.50	41.65	52.80	左侧额上回	0.91	9-背外侧前额叶皮层	0.69
33	-10.53	50.22	49.29	左侧额上回	0.51	9-背外侧前额叶皮层	0.98
34	-24.69	65.10	23.65	左侧额上回	0.90	10-前额叶前部皮层	0.71
35	-38.07	58.20	20.91	左侧额中回	0.95	9-背外侧前额叶皮层	0.88
36	-10.72	65.86	29.57	左内侧额上回	0.53	10-前额叶前部皮层	0.84
37	1.59	57.72	37.89	左内侧额上回	0.62	9-背外侧前额叶皮层	0.73
38	10.31	65.84	29.68	右内侧额上回	0.58	10-前额叶前部皮层	0.85
39	24.75	64.70	24.25	右背外侧额上回	0.64	10-前额叶前部皮层	0.79
40	37.12	58.27	21.70	右侧额中回	0.86	9-背外侧前额叶皮层	0.77
41	-50.02	38.33	28.83	左侧额中回	0.58	45-额下回三角部,Broca区的一部分	0.94
42	-47.30	32.92	37.70	左侧额中回	0.89	45-额下回三角部,Broca区的一部分	0.52
43	47.49	34.90	36.24	右侧额中回	0.90	45-额下回三角部,Broca区的一部分	0.53
44	48.24	39.93	29.21	右侧额中回	0.79	45-额下回三角部,Broca区的一部分	0.83

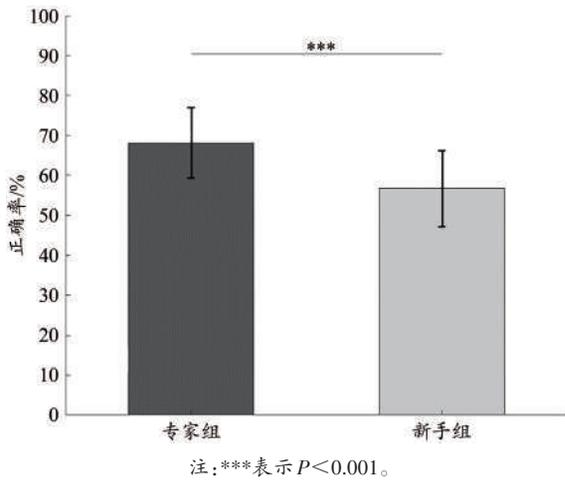


图4 专家组和新手组守门员的知觉预测正确率
Figure 4. Expert and Novice Goalkeepers' Perceptual Anticipation Accuracy

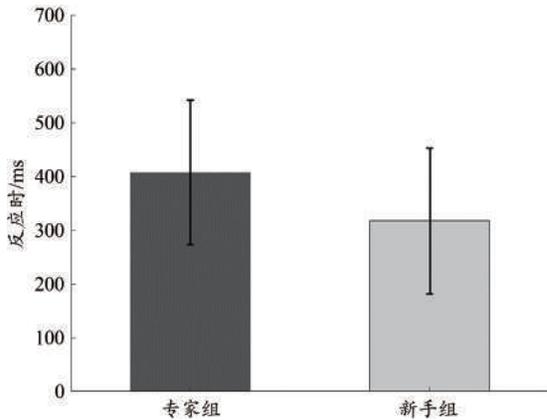


图5 专家组和新手组守门员知觉预测反应时
Figure 5. Expert and Novice Goalkeepers' Responses Time of Perceptual Anticipation

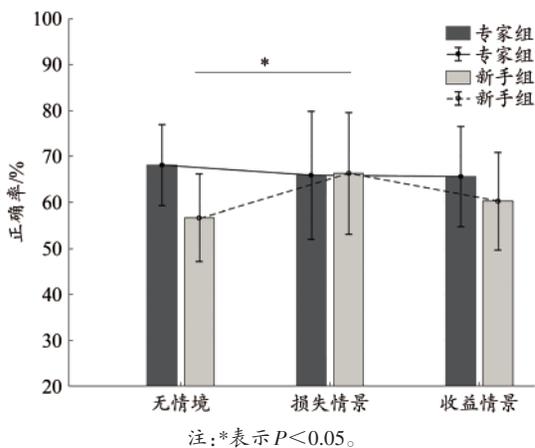


图6 不同情境条件下专家组和新手组守门员的知觉预测正确率
Figure 6. Perceptual Anticipation Accuracy of Expert and Novice Goalkeepers under Different Situations

将收益情境(无情境、收益情境)和组别(专家组、新手组)作为自变量,分别将知觉预测正确率和反应时作为因变量进行双因素重复测量方差分析。结果显示,在知

觉预测正确率上,收益情境条件主效应不显著($P=0.824$),组别的主效应不显著($P=0.334$),交互效应不显著($P=0.759$)。在判断反应时上,收益情境条件主效应不显著($P=0.945$),组别的主效应显著($P=0.059$),交互效应不显著($P=0.980$)。

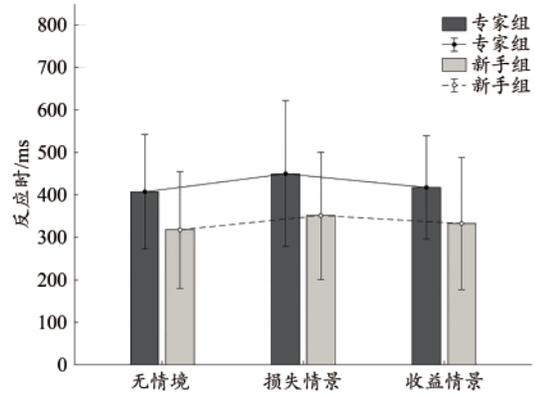


图7 不同情境条件下专家组和新手组守门员的知觉预测反应时
Figure 7. Perceptual Anticipation Response Time of Expert and Novice Goalkeepers under Different Situations

2.1.3 得失情境下不同水平守门员的风险偏好结果

χ^2 检验结果显示,在损失情境下,专家组守门员的方案选择存在显著差异($P < 0.001$),新手组的方案选择也存在显著差异($P < 0.001$),总计方案选择存在显著差异($P < 0.001$,表2)。在收益情境下,专家组守门员的方案选择存在显著差异($P < 0.001$),新手组的方案选择也存在显著差异($P < 0.001$),总计方案选择存在显著差异($P < 0.001$,表3)。得失情境下,守门员风险偏好存在显著差异($P < 0.001$,表4)。

2.2 近红外结果

2.2.1 不同水平守门员知觉预测的近红外结果

为探究与知觉预测正确率相关的脑区,将近红外数据与守门员点球方向知觉预测的正确率进行相关分析。各通道的 β 值与正确率之间的皮尔逊相关分析结果显示,通道9的 β 值与正确率之间存在显著正相关($r=0.556, P=0.003$;图8),通道3($r=-0.382, P=0.049$)、通道8($r=-0.424, P=0.028$)、通道35($r=-0.439, P=0.022$)、通道36($r=-0.441, P=0.021$)、通道37($r=-0.426, P=0.027$;图9)的 β 值与正确率之间存在显著负相关。

为探究新手组守门员和专家组守门员在进行知觉预测时的认知神经特征,将各通道的 β 值作为结果变量,进行不同水平守门员知觉预测时脑区激活的差异检验。结果显示,新手组和专家组守门员在进行知觉预测时,脑区激活在通道9($t=2.078, P=0.048$)和通道37($t=2.259, P=0.033$)中存在显著差异,根据通道9和通道37的 t 值生成热图,通过Matlab软件下的xjview和BrainNet Viewer工具箱将该热图置于3D的脑模型上(图10)。

表2 损失情境下不同水平守门员的风险偏好

Table 2 Risk Preference of Different Level Goalkeepers under Loss Situation

组别	风险规避	低风险偏好	高风险偏好	χ^2	df	χ^2	df
专家	26(26.2 [#])	161(165.0 [#])	99(94.8 [#])	95.797***	2	0.595	2
新手	24(23.8 [#])	154(150.0 [#])	82(86.2 [#])	97.877***	2		
总计	50	315	181	192.934***	2		

注:***表示 $P < 0.001$, #表示 $2 \times 3 \chi^2$ 检验中的期望值;下同。

表3 收益情境下不同水平守门员的风险偏好

Table 3 Risk Preference of Different Level Goalkeepers under Gain Situation

组别	风险规避	低风险偏好	高风险偏好	χ^2	df	χ^2	df
专家	17(13.2 [#])	134(150.0 [#])	140(127.8 [#])	99.155***	2	8.391*	2
新手	8(11.8 [#])	150(134.0 [#])	102(114.2 [#])	120.4***	2		
总计	25	284	242	210.407***	2		

表4 不同情境下守门员的风险偏好

Table 4 Risk Preference of Goalkeepers under Different Situations

	风险规避	低风险偏好	高风险偏好	χ^2	df
损失	50(37.3 [#])	315(298.1 [#])	181(210.5 [#])	18.712***	2
收益	25(37.7 [#])	284(300.9 [#])	242(212.5 [#])		

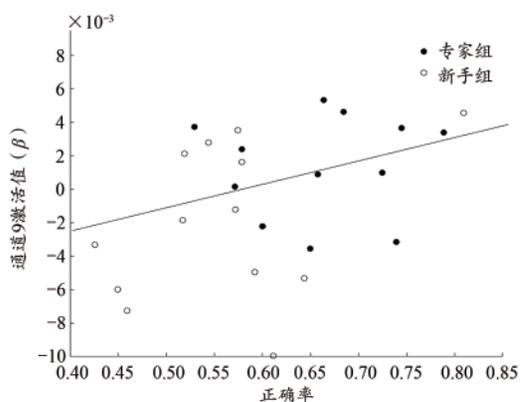


图8 通道9激活值与知觉预测正确率关系图

Figure 8. Relationship between Channel 9 Activation Value and Perceptual Anticipation Accuracy

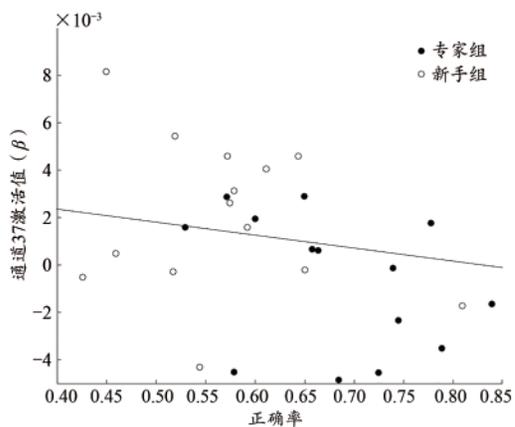


图9 通道37激活值与知觉预测正确率关系图

Figure 9. Relationship between Channel 37 Activation Value and Perceptual Anticipation Accuracy

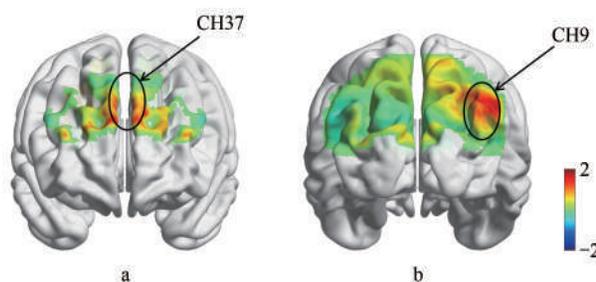


图10 不同水平守门员脑区激活差异

Figure 10. Activation Differences of Brain Regions in Different Level Goalkeepers

注:a:正视图,b:后视图。

2.2.2 得失情境下不同水平守门员的知觉预测近红外结果

结果显示(表5),在损失情境下,通道1、10、11、13、18、22、29的情境主效应显著;通道9的交互作用显著。简单效应分析结果显示,新手组守门员在损失情境上的脑区激活存在显著提升($F=2.198, P=0.039$);通道37的组别主效应显著。根据 F 值生成热值图(图11)。使用配对样本 t 检验,分析不同情境下新手组守门员脑区激活的差异。结果显示,新手组守门员通道9($t=2.403, P=0.041$)和通道22($t=2.191, P=0.047$)的激活存在显著差异(图12)。相关分析结果显示,新手守门员在损失情境下的通道6($r=-0.444, P=0.018$)、通道8($r=-0.501, P=0.007$)和通道14($r=-0.433, P=0.021$)与正确率之间存在显著负相关,通道9($r=0.492, P=0.018$)和通道22($r=0.438, P=0.02$)与正确率之间存在显著正相关。

结果显示(表6),在收益情境下,通道1的情境主效应显著;通道9的情境主效应显著,交互作用显著。进一步的简单效应分析结果表明,专家组守门员在无情境条件下和收益情境下的脑区激活存在显著差异($F=9.420, P=0.005$);通道11、13、14、22的情境主效应显著;通道37的组别主效应显著。根据 F 值生成脑区激活热力图(图13)。相关分析结果显示,守门员在收益情境下的通

道 9($r=0.501, P=0.042$)、通道 10($r=0.487, P=0.009$)和通道 13 与正确率之间存在显著正相关($r=0.486, P=0.009$)。

表 5 守门员损失情境下显著激活脑区

Table 5 Goalkeepers' Significantly Activated Brain Areas under Loss Situation

通道	空间坐标(XYZ)			布鲁德曼分区(BA)	F	类型
通道 1	-4	-76	57	7	5.900*	W
通道 9	53	-71	37	39	4.962*	I
通道 10	-11	-86	46	19	4.432*	W
通道 11	-19	-76	61	7	9.341**	W
通道 13	-9	-95	32	18	6.593*	W
通道 18	-20	-98	26	18	8.781**	W
通道 22	-40	-91	15	19	5.554*	W
通道 29	-22	54	38	9	5.537*	W
通道 37	1	57	37	9	6.020*	B

注:*表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.01$, W为组内效应, B为组间效应, I为交互效应;下同。

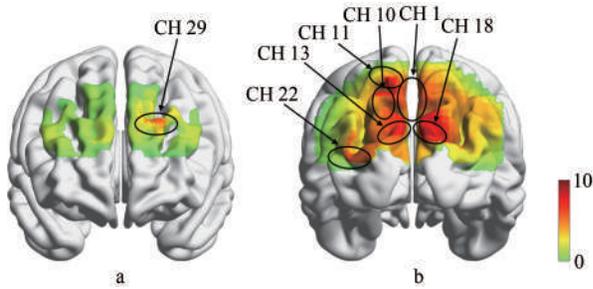


图 11 守门员损失情境脑区激活图

Figure 11. Goalkeepers' Activated Brain Areas under Loss Situation

注:a:正视图,b:后视图。

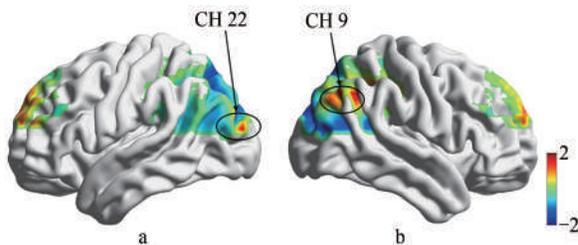


图 12 新手守门员损失情境下脑区激活图

Figure 12. Activated Brain Areas of Novice Goalkeepers under Loss Situation

注:a:左视图,b:右视图。

3 分析与讨论

3.1 不同水平守门员的知觉预测分析

本实验将录制的点球视频作为判断材料,结合 fNIRS 技术,探究先验信息条件下不同水平守门员知觉预测时的认知神经特征差异。不同于以往的提示性线索,本研究使用对手射门方向的概率作为先验信息,使实验结果

具有更高的生态效度。本研究结果发现,基于先验信息进行知觉预测时,专家组守门员比新手组守门员的准确性更高。姬庆春(2019)的研究发现,先验信息有助于提高守门员知觉预测表现,这种效应受守门员经验的调节。Wang等(2019)的研究也发现,当提示线索无方向性时,与新手相比专家守门员的知觉预测表现更加优秀。这与本研究结果一致,即基于先验信息进行知觉预测的专家优势存在。

表 6 守门员收益情境下显著激活脑区

Table 6 Goalkeepers' Significantly Activated Brain Areas under Gain Situation

通道	空间坐标(XYZ)			布鲁德曼分区(BA)	F	类型
通道 1	-4	-76	57	7	7.844**	W
通道 9	53	-71	37	39	4.328*	I
通道 11	-19	-76	61	7	7.278*	W
通道 13	-9	-95	32	18	8.146**	W
通道 14	-20	-98	26	18	5.336*	W
通道 22	-40	-91	15	19	5.187*	W
通道 37	1	57	37	9	7.877**	B

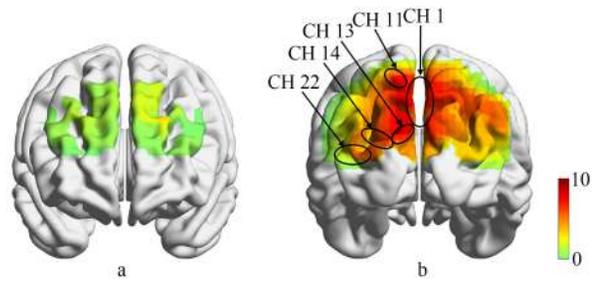


图 13 守门员收益情境脑区激活图

Figure 13. Goalkeepers' Activated Brain Areas under Gain Situation

注:a:正视图,b:后视图。

脑区激活差异检验结果显示,不同水平守门员 β 值在通道 9(BA-39)和通道 37(BA-9)上存在显著差异,即专家优势可能表现在右侧角回(rAG)和背外侧前额叶的激活水平上。Bishop等(2013)使用 fMRI 研究足球运动员知觉预测能力的认知神经特征,发现高知觉预测能力运动员的次级视觉皮层、视觉联络皮层和角回存在显著激活。一项经颅直流电刺激研究发现,激活个体右侧角回后,个体对于空间距离的视觉判断速度和准确率都得到显著提升(Spitori et al., 2021)。在罚球运动员射门过程中,守门员需要时刻关注对手与足球之间的距离,并做好对点球方向预测的准备。支撑脚与足球之间的距离和脚尖朝向被认为是影响射门方向的重要因素(Franks et al., 1997)。守门员需要观察罚球运动员摆动腿与足球之间的距离来决定是否开始行动以及采取何种行动(洪晓彬等, 2020)。

专家守门员在收集对手动作信息时会对关键部位投入较多的注意资源,并持续更长的时间(张晓刚,2010),对此类复杂视觉信息判断的速度和准确性优于新手守门员,其认知神经的差异可能体现在右侧角回的激活水平。

新手和专家守门员在进行知觉预测时,背外侧前额叶的激活存在显著差异。Wright等(2010)的研究发现,高水平羽毛球运动员在预测羽毛球发球时,背外侧前额叶在早期信息的加工阶段存在显著的激活,并在视觉信息较少的任务中发挥着重要作用。个体在完成快速动作的预测时,需要内部反馈的参与,在知觉到当前动作信息后会调用存储的动作表象,在实际动作完成之前根据存储在长时记忆中的动作模式对结果进行预测(Wolpert et al., 1995)。背外侧前额叶的激活在专家提取专长相关记忆时起着非常重要的作用(刘宁,2019)。其激活程度与任务难度存在相关性,与简单任务相比复杂任务会诱发脑区更大的激活(Vassena et al., 2019; McClure et al., 2004)。由于运动经验的差异,不同水平守门员判断相同任务时感受到的主观任务难度不同。在完成知觉预测任务时,新手守门员需要调动更多的认知资源投入到动作表象信息的提取中,表现为背外侧前额叶激活程度较高。而专家守门员在感知到罚球运动员动作后,更容易通过背外侧前额叶调用存储在记忆中的动作表征并完成信息匹配,做出更加准确的动作预测。但Wright等(2010)研究高水平羽毛球运动员的知觉预测优势发现,顶叶、前额叶和背外侧前运动区参与知觉预测任务,背外侧前额叶和腹内侧前额叶激活的显著增强与专家优势相关。这与本研究的结果并不一致,其原因有待更多的实验进行分析。

3.2 得失情境下不同水平守门员的知觉预测分析

在原有实验中增加得失情境,旨在探究有利于提高守门员知觉预测表现的情境条件。本研究结果表明,相对于无情境条件而言,专家组守门员在损失和收益情境下知觉预测的正确率变化未达到显著水平。新手组守门员在损失情境下知觉预测的判断正确率显著提高。在对羽毛球运动员的决策研究中发现,情绪变化会影响羽毛球运动员的知觉预测;在消极情绪下,羽毛球运动员的知觉预测正确率要高于积极情绪条件下的正确率(迟立忠等,2012)。损失情境下选择一个存在风险的选项会激活与负性情绪表征相关的脑区,诱发个体的消极情绪(Bossaerts, 2010; Paulus et al., 2003; Preusschoff et al., 2008)。损失情境任务在某种程度上能引发个体的消极情绪,这种情绪的变化可能间接促使知觉预测正确率得到提升。

本研究发现相对于无情境条件而言,守门员在损失情境下进行知觉预测时,躯体感觉联合皮层、视觉联络皮层、次级视觉皮层和背外侧前额叶的激活程度更高;在收益情境下进行知觉预测时,躯体感觉联合皮层、次级视觉

皮层和视觉联络皮层存在更强的激活。一项脑电和fMRI研究使用金钱奖励延迟任务探究损失和收益情境下个体的认知神经特征,结果表明,与预期奖惩相关任务会激发顶枕叶更强的活动(Pfabigan et al., 2014)。上述研究的皮层结构激活区域与本实验结果存在较多重叠,可以支持本实验中损失和收益情境下脑区激活特征的结果。本研究中的两个实验除是否存在得失情境外,其他部分均相同。由此,本研究认为,损失和收益情境下,组内脑区激活的差异是情境条件作用的结果。大脑处理信息的过程依赖多个脑区和皮下结构协同参与,过程中任何一个部分活性的变化都会影响信息加工和处理的结果。情境条件下的脑区激活可能作为第三变量作用于守门员的知觉预测表现。

对新手组守门员在无情境条件和损失情境下脑区激活的差异进行分析发现,右侧角回和视觉联络皮层(通道22)的激活存在显著差异,提示新手组守门员正确率的变化与守门员处理视觉信息的能力存在关联。Bishop等(2013)使用fMRI研究足球运动员知觉预测的神经机制,根据对视频中运动员行为预测的正确率将被试分为低预测能力组、中等预测能力组和高预测能力组,发现高预测水平的运动员在进行知觉预测时大脑皮层和皮层下结构有较高水平的激活,如枕下回、颞上回、顶上小叶和前扣带回等。该研究结果可以验证角回的激活水平是影响知觉预测正确率的重要脑区之一。Wright等(2011)研究不同水平羽毛球运动员的预测能力发现,专家和新手脑区激活的差异表现包括背外侧前额叶和双侧枕叶在内的多个皮层和皮层下结构。Zhao等(2022)使用fNIRS和EEG研究正常成年人的视觉注意发现,在把注意力放在当前任务相关的视觉刺激并抑制无关视觉信息时,会引起视觉联络皮层的激活。这提示在损失情境的作用下,守门员视觉信息收集和加工的能力可能发生变化,即对动作的关键信息投入更多注意力,并抑制与任务无关的干扰信息对知觉预测的影响。在无情境条件下、损失情境下和收益情境下右侧角回与知觉预测的正确率均存在显著相关。因此,有充分理由认为右侧角回是守门员进行知觉预测时的重要脑区,其激活程度的提高有助于提升知觉预测能力。支持专家优势出现在信息加工早期阶段的观点(姬庆春,2019;张晓刚,2010;赵福训,2017;Wang et al., 2019)。

3.3 得失情境下守门员的风险偏好分析

守门员风险偏好的研究结果表明,收益框架效应在足球守门员的风险决策中不具有适用性。本研究在“杯子任务”的基础上增加了一项可选择的风险方案,使得决策的情景模式更加契合点球过程中可能出现的情况。在损失情境下,不同水平守门员均表现出损失厌恶倾向,即较少选择风险规避的方案。有研究使用电脑呈现“杯子任

务”进行得失情境下的风险偏好研究发现,在损失情境下,被试选择总次数中仅有12.38%为确定损失选项,表现出典型的风险寻求和损失厌恶。在收益情境下,被试的选择总次数中却有74.93%为确定收益,表现出风险规避的行为模式(何飞,2009)。损失情境下的研究结果与本研究一致。本研究将单一的不确定性选项设置为一个高风险偏好高收益和一个低风险偏好低收益的选项,拟探讨得失情境下守门员对不同概率条件选项的风险偏好。本研究发现,守门员在表现出损失厌恶的同时,也表现出低风险偏好的行为模式。专家组和新手组守门员均更多地选择了低风险偏好选项。模糊痕迹理论认为,在生活中个体通常使用“模糊”的印象系统,在决策时只对目标任务的要点信息进行模糊表征。在损失情境下加工“球有70%的概率射向左边,30%的概率射向右边”信息时,就会被表征为“大概率不会损失”和“小概率不会损失”。基于对损失的厌恶,个体更多地选择“大概率不会损失”。但损失价值信息似乎没有被作为要点信息进行加工。这种信息提取方式和选择偏好特征在专家组和新手组中存在较高的一致性。在损失情境下,守门员并非是高风险寻求而是低风险偏好,表现出对概率信息加工敏感,对价值信息加工不敏感的特征。

在收益情境下,守门员没有明显的风险偏好,这一结果区别于以往的研究(黄志剑等,2012;李爱梅等,2005)。在确定性方案和不确定性方案中进行迫选的任务形式改变之后,个体的风险偏好也随之产生变化。有研究使用不包含确定性选项的正收益任务研究体育情境下大学生运动员的风险偏好行为,结果表明,在正收益问题上并未存在明显的风险规避(洪晓彬等,2018)。这一结果证明,在收益情境下,面对两个不确定的风险方案个体的风险偏好会发生转变。但相较于损失情境而言,在收益情境下对高风险方案表现出更多的偏好。以往的研究发现,得失情境下的风险偏好会随着损失和收益数量的增加而发生变化。在收益情境下,个体选择的冒险性会随着收益数量的增加而增强,在多次出现风险规避行为后会有更大的可能做出风险寻求决策(何飞,2009)。另有研究发现,在收益情境下,被试会表现出较强的冒险行为,如果赌资并非来自于个人劳动所得,冒险行为的意愿更强(高铭等,2020)。本研究中,当守门员选择较多确定性收益方案和大概率收益方案后,随着收益次数和自身“资产”增多,其冒险性也会增加。同时,如果这种收益取得相对轻松会导致收益的主观价值降低,故而在收益情境下会更多地表现出风险寻求。专家组比新手组表现出更多风险寻求行为,可能是由于专家守门员的知觉预测正确率更高,在判断阶段能获得更多的金币奖励,对金币的主观价值下降更加严重,故而冒险性增强选择更多的高风险方案。这可能是守门员在收益情景下风险偏好

发生变化的主要原因。

4 研究不足与展望

本研究使用fNIRS通过视频阻断技术发现守门员知觉预测专家优势的相关脑区,以及得失情境下守门员的风险偏好特征及其对运动员知觉预测表现的影响。研究结果对于更加全面地认识运动员专家优势的认知神经活动具有促进作用,可以为足球运动队制定更加合理的点球策略提供借鉴。但本研究仍然存在一些局限。

采用点球视频作为守门员知觉预测的材料在一定程度上可以提高实验的生态效度,但守门员接收到的内外部信息仍与真实点球环境存在差异。未来的实验可以采用更加便捷的设备,如便捷式近红外和便捷式脑电设备,研究真实环境下守门员知觉预测的大脑活动特征。此外,使用近红外设备仅能探测守门员知觉预测的大脑皮层活动,不能探测任务相关的皮下结构。同时由于设备的限制,观测的脑区不够全面,未涉及顶叶和颞叶。今后的研究可以使用多模态的方法弥补不同设备之间的短板。最后,由于专业足球守门员人数有限,在实验开始之前,未使用人格相关量表对被试进行风险偏好差异的控制,这可能是影响风险偏好结果的另一个原因。以后的研究中要尽量避免被试个体因素对实验结果的影响。

5 结论

专家守门员基于先验信息进行知觉预测时存在专家优势,其优势与角回和背外侧前额叶的激活水平有关。

得失情境下的风险偏好规律在守门员中部分具有适用性。得失情境下知觉预测的专家优势消失,损失情境能增强新手守门员早期视觉信息的收集和处理能力,有利于提高知觉预测表现。这与右侧角回和视觉联络皮层的激活水平变化有关。

参考文献:

- 常淑芝,孙延林,2021.认知负荷与情绪对篮球运动员风险决策框架效应的影响[J].天津体育学院学报,36(5):569-573.
- 迟立忠,周湘文,戴劲,2012.情绪变化对羽毛球运动员决策速度准确性的影响[J].北京体育大学学报,35(1):65-68.
- 崔运坤,贾燕,张英波,等,2016.知觉预测领域专家:新手研究范式的元分析[J].北京体育大学学报,39(4):109-117.
- 高铭,张丽锦,2020.损失与收益情境下赌博认知和心理账户对赌博意愿的影响[J].心理科学,43(4):931-936.
- 何飞,2009.基于Kahneman前景理论的风险规避与风险寻求决策的脑机制研究[D].西安:第四军医大学.
- 洪晓彬,施艳,廖滢莹,等,2018.竞技运动风险决策情境中的红色心理效应研究[J].武汉体育学院学报,52(5):88-94.
- 洪晓彬,施艳,徐爱爱,等,2020.国外足球点球心理研究进展[J].武汉体育学院学报,54(5):94-100.
- 黄志剑,刘正洁,2012.体育情境中的风险决策行为:前景理论的前步系统验证[J].中国运动医学杂志,31(8):697-705.

- 姬庆春, 2019. 先验概率信息对足球运动员动作预测表现的影响及认知加工特征[D]. 上海: 上海体育学院.
- 李爱梅, 凌文铨, 2005. 不同表征框架对风险决策行为的影响[J]. 统计与决策, (2): 49-51.
- 李胜明, 李昊, 赵晓玲, 2009. 框架效应下优秀运动员风险决策偏好研究[J]. 成都体育学院学报, 35(3): 32-35.
- 李巍, 2020. 背外侧前额叶活动水平对拳击运动员知觉预测过程的影响[D]. 沈阳: 沈阳体育学院.
- 李欣悦, 王丽萍, 2021. 大学生情绪智力和自尊水平对得失框架下风险决策的影响[J]. 中国健康心理学杂志, 29(12): 1906-1910.
- 刘宁, 2019. 围棋专家的认知优势表现及其脑基础[D]. 上海: 华东师范大学.
- 马文娟, 索涛, 李亚丹, 等, 2012. 得失框架效应的分离: 来自收益与损失型跨期选择的研究[J]. 心理学报, 44(8): 1038-1046.
- 孙连洁, 2011. 足球运动员预测能力的神经心理机制研究[D]. 上海: 上海体育学院.
- 王小春, 周成林, 2013. 基于视觉线索遮蔽条件下的网球专家空间知觉预判: 来自眼动与ERP的证据[J]. 体育科学, 33(2): 38-46.
- 王泽军, 褚昕宇, 2021. 贝叶斯决策理论对复杂运动决策中运动预期的启发: 以网球和足球为例[J]. 心理科学进展, 29(7): 1300-1312.
- 徐立彬, 2020. 乒乓球运动员在不同提示条件下知觉发球旋转方式的脑电活动特征[J]. 天津体育学院学报, 35(5): 554-559.
- 张晓刚, 2010. 足球守门员在防守点球运动情境中眼动特征的研究[J]. 中国体育科技, 46(1): 88-92.
- 赵福训, 2017. 足球守门员防守点球中知觉预测的眼动及ERP特征研究[D]. 济南: 山东体育学院.
- 赵洪朋, 周成林, 2010. 运动领域中知觉预测研究现状及发展趋势[J]. 沈阳体育学院学报, 29(3): 36-40.
- ABE M O, KOIKE T, OKAZAKI S, et al., 2019. Neural correlates of online cooperation during joint force production[J]. *Neuroimage*, 191: 150-161.
- BAR-ELI MI, AZAR O H, 2009. Penalty kicks in soccer: An empirical analysis of shooting strategies and goalkeepers' preferences[J]. *Soccer Society*, 10(2): 183-191.
- BELLING P K, SUSS J, WARD P, 2014. Advancing theory and application of cognitive research in sport: Using representative tasks to explain and predict skilled anticipation, decision-making, and option-generation behavior[J]. *Psychol Sport Exerc*, 16(1): 45-59.
- BISHOP D T, WRIGHT M J, JACKSON R C, et al., 2013. Neural bases for anticipation skill in soccer: An fMRI study[J]. *J Sport Exerc Psychol*, 35(1): 98-109.
- BOSSAERTS P, 2010. Risk and risk prediction error signals in anterior insula[J]. *Brain Struct Funct*, 214(5-6): 645-653.
- CAUSER J, WILLIAMS A M, 2015. The use of patterns to disguise environmental cues during an anticipatory judgment task[J]. *J Sport Exerc Psychol*, 37(1): 74-82.
- FRANKS I M, HANVEY T, 1997. Cues for goalkeepers: High-tech methods used to measure penalty shot response[J]. *Soccer J*, 42: 30-38.
- GOLD J, CIORCIARI J, 2021. Impacts of transcranial direct current stimulation on the action observation network and sports anticipation task[J]. *J Sport Exerc Psychol*, 43(3): 310-322.
- GREDDIN N V, BISHOP D T, BROADBENT D P, et al., 2018. Experts integrate explicit contextual priors and environmental information to improve anticipation efficiency[J]. *J Exp Psychol Appl*, 24(4): 509-520.
- HOLPER L, TEN BRINCKE R H W, WOLF M, et al., 2014. fNIRS derived hemodynamic signals and electrodermal responses in a sequential risk-taking task[J]. *Brain Res*, 1557: 141-154.
- HOSP B W, SCHULTZ F, HONER O, et al., 2021. Soccer goalkeeper expertise identification based on eye movements[J]. *PLoS One*, 16(5): e0251070.
- INO T, NAKAI R, AZUMA T, et al., 2010. Differential activation of the striatum for decision making and outcomes in a monetary task with gain and loss[J]. *Cortex*, 46(1): 2-14.
- KURIYAMA T, ASANO M, NAMBU M, et al., 2015. Prefrontal brain activity of goal keeper when penalty kick[C]//World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Toronto, Canada: IFMBE Proceedings.
- LEVIN I P, HART S S, 2003. Risk preferences in young children: Early evidence of individual differences in reaction to potential gains and losses[J]. *J Behav Decis Making*, 16(5): 397-413.
- MANN D T, WILLIAMS A M, WARD P, et al., 2007. Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis[J]. *J Sport Exerc Psychol*, 29(4): 457-478.
- MARTINO B D, KUMARAN D, SEYMOU B R, et al., 2006. Frames, biases, and rational decision-making in the human brain[J]. *Science*, 313(5787): 684-867.
- MCCLURE S M, LAIBSON D I, LOEWENSTEIN G, et al., 2004. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards[J]. *Science*, 306(5695): 503-507.
- MEMMERT D, LEMMINK K, SAMPAIO J, 2016. Current approaches to tactical performance analyses in soccer using position data[J]. *Sports Med*, 47(1): 1-10.
- NAVIA J A, KAMP J, RUIZ L M, 2013. On the use of situational and body information in goalkeeper actions during a soccer penalty kick[J]. *Int J Sport Psychol*, 44: 234-251.
- PAULUS M P, ROGALSKY C, SIMMONS A, et al., 2003. Increased activation in the right insula during risk-taking decision making is related to harm avoidance and neuroticism[J]. *Neuroimage*, 19(4): 1439-1448.
- PFABIGAN D M, SEIDEL E M, SLADKY R, et al., 2014. P300 amplitude variation is related to ventral striatum BOLD response during gain and loss anticipation: An EEG and fMRI experiment[J]. *Neuroimage*, 96: 12-21.
- PREUSCHOFF K, QUARTZ S R, BOSSAERTS P, 2008. Human insula activation reflects risk prediction errors as well as risk[J]. *J Neurosci*, 28(11): 2745-2752.
- SAVELSBERGH G J P, WILLIAMS A M, KAMP J V D, et al., 2002. Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers[J]. *J Sports Sci*, 20(3): 279-287.
- SPITONI G F, PIREDDU G, ZANELLATI V, et al., 2021. Is right angular gyrus involved in the metric component of the mental body representation in touch and vision? A tDCS study[J]. *Brain Sci*, doi: 10.3390/brainsci11030284.
- TOBLER P N, O'DOHERTY J P, DOLAN R J, et al., 2007. Reward value coding distinct from risk attitude-related uncertainty coding in human reward systems[J]. *J Neurophysiol*, 97(2): 1621-1632.
- VASSENA E, GERRITS R, DEMANET J, et al., 2019. Anticipation of a mentally effortful task recruits Dorsolateral Prefrontal Cortex:

- An fNIRS validation study[J]. *Neuropsychologia*, 123: 106-115.
- WANG Y Y, JI Q C, ZHOU C L, 2019. Effect of prior cues on action anticipation in soccer goalkeepers[J]. *Psychol Sport Exerc*, 43: 137-143.
- WILLIAMS A M, BURWITZ L, 1993. Advance cue utilization in soccer [J]. Reilly, Clarys, Stibbe, Eds. *Science and Football II*. London: E & FN Spon; 239-243.
- WOLPERT D M, GHARAMANI Z, JORDAN M I, 1995. An internal model for sensorimotor integration[J]. *Science*, 269(5232):1880-1882.
- WRIGHT M J, BISHOP D T, JACKSON R C, et al. 2010. Functional MRI reveals expert-novice differences during sport-related anticipation[J]. *Neuroreport*, 21(2): 94-98.
- WRIGHT M J, BISHOP D T, JACKSON R C, et al., 2011. Cortical fMRI activation to opponents' body kinematics in sport-related anticipation: Expert-novice differences with normal and point-light video[J]. *Neurosci Lett*, 500(3): 216-21.
- WRIGHT M J, JACKSON R C, 2007. Brain regions concerned with perceptual skills in tennis: An fMRI study[J]. *Int J Psychophysiol*, 63(3): 214-220.
- ZHAO C G, LI D W, GUO J L, et al., 2022. The neurovascular couplings between electrophysiological and hemodynamic activities in anticipatory selective attention[J]. *Cereb Cortex*, doi: 10.1093/cercor/bhab525.

Risk Preference and Perceptual Anticipation of Goalkeepers at Different Levels under Gain-Loss: Evidence from fNIRS

KANG Jianghui¹, DENG Wei¹, HUANG Zhijian^{2*}

1. School of Health Sciences, Wuhan Sports University, Wuhan 430070, China;

2. School of Physical Education, Hubei University, Wuhan 430061, China

Abstract: Objective: To investigate the behavioral rules of risk preference of goalkeepers under the gain and loss situation, and then to explore the changes of perceptual anticipation ability and its related cognitive neural characteristics in goalkeepers. Methods: one independent variable between subject design was used to explore the brain activity differences in perceptual anticipation based on prior information of different level goalkeepers. A two-factor mixed experimental design was used to explore the neural mechanism of the influence of gain and loss situation on goalkeepers' risk preference and perceptual anticipation performance. Results: 1)The accuracy of perceptual anticipation of expert goalkeepers were significantly higher than that of novice goalkeepers, and the right angular and dorsolateral prefrontal cortex were activated significantly between expert goalkeepers and novice goalkeepers; 2) both groups of goalkeepers preferred low-risk and low-reward tasks in the loss situation, while expert goalkeepers preferred high-risk and high-reward tasks in the gain situation; 3) there was no significant difference in perceptual anticipation between the two groups under the gain and loss situation. In the loss situation, the novice goalkeeper's perceptual anticipation performance was improved significantly, and the the right angular gyrus and visual contact cortex was significantly enhanced. Conclusions: 1) The advantage of perceptual anticipation is related to the right angular gyrus and dorsolateral prefrontal cortex; 2) the rules of risk preference under the situation of gain and loss is partially applicable to goalkeepers. Loss situation can enhance the activation of right angular gyrus and visual contact cortex, and improve the perceptual anticipation performance in novice goalkeepers.

Keywords: perceptual anticipation; gain-lose; risk preference; goalkeeper; fNIRS

