

运动中的移位现象研究进展^{*}

董蕊 宛小昂^{**} 王阳 彭凯平

(清华大学心理学系, 北京 100084)

摘要 移位现象是指观察者错误地判断运动刺激的最终位置或朝向的现象, 是一种常见的定位错误现象。本文在简要地介绍认知心理学中移位现象的概念和产生机制的基础上, 重点回顾了运动领域中移位现象的研究进展。运动领域中的一些研究比较专家运动员和新手运动员在移位现象中的差别, 发现专家运动员更有可能在实验中出现移位现象或是出现更多的移位现象, 这说明专家运动员更有可能根据现有信息预测接下来可能发生的运动阶段。另一些运动心理学研究则指出, 裁判员在做出判断时可能出现移位现象, 导致错误的判断。也就是说, 移位现象对于运动员和裁判员具有完全相反的意义。未来研究中, 个人项目运动员与裁判判罚中的移位现象都值得进一步研究, 而阈下启动实验范式可在其中发挥较大作用。这些研究将有助于更有效地选拔优秀运动员以及训练运动员的空间定位能力。

关键词 移位现象 表征动量 运动心理学 阈下启动实验

中图分类号: B849; G8 文献标识码: A 文章编号: 1006-6020(2012)-04-0365-09

人们每天都要处理周围环境中的各种动态信息, 也常常因为受到某些内部或外部因素的干扰而中断正在进行的活动。在体育运动中, 即使是接住飞来的球这一个看似简单的动作, 运动员也需要对物体进行视觉追踪和空间定位并预测球的未来轨迹。因此, 如果要成功地处理复杂的运动情境, 对运动的物体进行空间定位的能力就十分关键。然而, 人们对于运动物体的空间定位并不总是准确的, 而是存在错误定位现象, 即移位(displacement)现象。

1 移位现象的概念与机制

1.1 移位的概念

移位现象的早期研究主要是集中在表征动量(representational momentum)上, 即观察者对运动物体的最终位置的记忆沿着物体运动的方向发生偏移(Freyd & Fink, 1984; Hubbard & Bhanucha, 1988)。如图1所示, Freyd和Fink(1984)先向被试依次呈现

^{*} 基金项目:清华大学文科振兴基金, 清华大学亚洲研究中心科研基金。

^{**} 通信作者:宛小昂, 清华大学副教授, E-mail: wanxia@tsinghua.edu.cn.

四个静止的长方形, 前三个为诱导刺激, 按照一定的规则进行顺时针或逆时针旋转, 其中第三个刺激是被试需要记忆的刺激。第四个刺激是探测刺激, 而被试的任务就是判断这个探测刺激与记忆刺激的朝向是否相同。实际上, 探测刺激可能与记忆刺激的朝向相同, 也可能是沿着前三个刺激所表现出的旋转方向(诱导方向)继续前进或倒退。被试更倾向于将沿着诱导方向继续向前旋转的探测刺激判断为与记忆刺激的位置相同, 说明他们对记忆刺激的表征沿着运动诱导方向发生向前的偏移。就像物理世界中动量使运动的物体在它运动方向上保持运动趋势一样, 心理世界中对运动物体的心理表征也有一种在运动方向上保持运动的趋势, 所以称为“表征动量”。此外, Hubbard 和 Bharucha (1988) 先在计算机屏幕上给被试呈现沿水平或垂直方向做

连续运动的圆形, 然后圆形在某个位置上消失, 此时被试的任务是用鼠标定位其消失的位置。而被试指出的消失位置是刺激在实际消失的位置上沿着原有运动的方向继续向前运动之后才可能达到的位置, 也表现出了表征动量。这两项经典研究在运动刺激的类型和被试判断目标消失位置的反应方式两方面都有重要区别。Freyd 和 Fink (1984) 的实验采用了诱导运动(implied motion), 即运动的物体从一个位置到另一个位置之间的跨度大(低频呈现), 而被试的反应是被动判断; Hubbard 和 Bharucha (1988) 的实验采用了平滑运动(smooth motion), 即高频呈现目标使被试感知为物体在做持续的运动, 而被试的反应方式是主动定位。但是, 这两个实验的共同之处在于都体现了表征动量现象, 并都成为了相关研究中的经典实验任务。

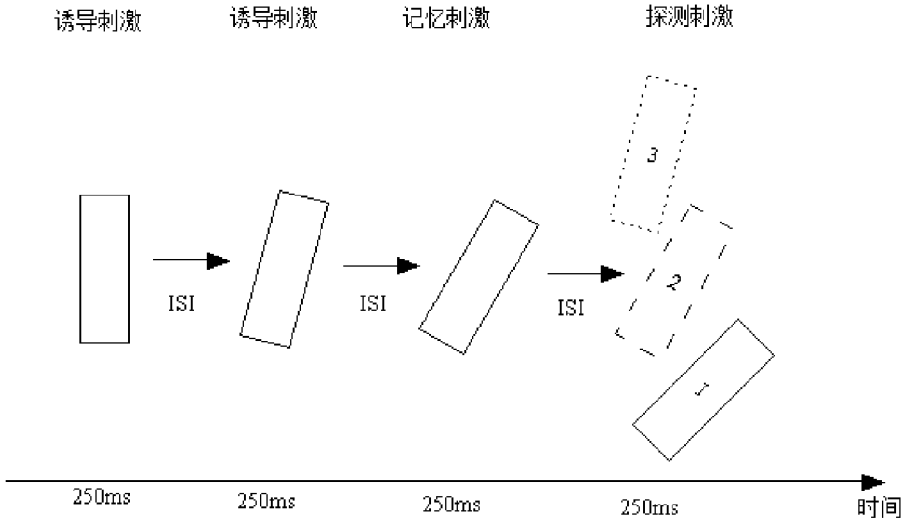


图1 Freyd 和 Fink(1984)建立的表征动量经典实验

(注: 探测刺激可能为 1、2、3 中的一种。1 沿记忆刺激旋转方向继续前进, 被试更倾向于判断为相同; 探测刺激 2 和记忆刺激位置相同, 被试更倾向于判断为不同; 探测刺激 3 沿记忆刺激旋转方向倒退, 被试更倾向于判断为不同)

在已有研究的基础之上(如听觉, Frey, Kelly, & DeKay, 1990; 明度, Brehaut & Tipper, 1996 等), Hubbard(2005)对移位的概念做出了更加详细的划分。他指出, 物理世界中的动量并不是使运动物体保持运动趋势的唯一影响因素, 其它因素如重力、摩擦力和向心力也可能导致这种趋势, 那么在心理世界中, 对运动物体的最终位置的错判也不适合全都用传统概念“表征动量”来指代。因此, 他建议用移位这一术语来指代对运动物体的最终位置的判断错误, 而表征动量是移位现象中的一种, 适用范围更为狭小。但 Hubbard 的建议并未被其他学者广泛采用, 后来的大多数研究仍沿用表征动量这一概念。同时, 表征动量这一概念既被用于描述移位现象, 又是移位的解释机制(Hubbard, 2010)。尽管通常来讲, 其含义可以从上下文中区分开来, 但这种双重用途有时也会造成混淆。考虑到运动领域中运动物体最终位置的错判现象极为复杂和多样, 故本文使用范围更广的移位概念。

1.2 移位现象的产生机制

关于移位现象的产生机制, 比较有代表性的理论包括内化理论、眼动理论和计算理论。

内化理论认为, 人类已经内化了运动客体的物理动量属性, 就像运动物体所具有的物理动量不能立即停止一样, 运动刺激的心理表征在刺激突然停止后也不能立即停止, 发生时间延迟, 导致对运动物体最终位置的错判(Finke & Freyd, 1985)。尽管早期的研究数据支持表征动量是内化了作用于物体的物理原则的假设, 但随后的研究表明表征动量还受到许多与物理原则不相关的因素的影响, 物理原则只是影响因素之一(Hubbard, 2005)。

眼动理论认为移位现象的产生与物理原则的认知表征无关, 而是由于眼睛在追踪连续运动的刺激时发生运动延迟停止(Kerzel, 2006)。当眼睛追踪连续运动的刺

激时, 为了获得更好的空间分辨率, 平滑追踪眼动可以使目标停留在高视敏度的视网膜中央窝; 目标消失后, 平滑追踪眼动不是立即停止而是继续向前移动 300ms, 因此产生移位。但研究表明, 表征动量不仅可以出现在视觉性质的刺激中, 也可以出现在听觉刺激(Hubbard & Ruppel, 2011)和触觉刺激中(Brouwer, Franz, & Thornton, 2004), 并且存在跨通道间的相互作用(Hubbard & Courtney, 2010; Teranmoto, Hidaka, Gyoba, & Suzuki, 2010), 因此眼动理论并不能解释上述研究, 具有局限性。

计算理论提出移位是一种适应性行为, 有助于人们对物理刺激进行空间定位并快速做出运动反应(Hubbard, 2005)。以运动员截击一个迎面飞来的球为例。他首先感觉到该物体时它处于空间位置 P_1 , 而这种感觉会激发一系列的知觉、认知和可能的运动过程, 这些过程非常快但仍需要时间, 而球不会在 P_1 处停下等待。当运动员完成加工过程并立即做出反应时, 球已到达位置 P_2 。因此, 如果要有效地对球做反应, 运动员应该对 P_2 位置的球做反应, 而不是 P_1 位置的球。移位有可能就像一座桥梁一样, 帮助运动员在感知 P_1 处信息的基础上对 P_2 进行预测以便做出有效的反应。在实验室实验中作为一种错判现象的移位, 可能反映的却是观察者对目标到达位置的预期, 在实际应用中作为知觉和行动之间的桥梁帮助个体与目标进行有效的互动。

总之, 上述三个理论均具有一定的特色并能解释移位中的某个或某些影响因素及加工过程。其中, 内化理论和眼动理论主要着眼于表征动量, 而计算理论则涵盖了其他移位现象。

2 运动心理学视角下的移位现象

运动领域中的移位现象研究关注运动员, 也关注裁判员。对于运动员, 主要是比

较专家运动员和新手运动员的移位倾向。对于裁判,主要是研究他们在实际决策中是否也会出现移位现象。

2.1 专家与新手运动员的移位倾向比较

关于运动员的移位现象研究中,不同的研究者分别采用了静态的和动态的视觉刺激材料以表现出诱导运动和平滑运动。

Didierjean 和 Mamèche (2005) 采用静态图片来比较专家和新手运动员在诱导运动上出现的移位现象。他们在实验前对真实的运动视频进行场景分割,首先确定第一张某个时间点下的场景图片(如 C_1)。之后再根据第一张场景图片提取其后 240ms 左右的场景作为第二张场景图片(如 C_{1+1})。以此类推,实验者将分割出很多的场景图片对(如 C_1/C_{1+1} , C_2/C_{2+1} , C_3/C_{3+1} , C_4/C_{4+1} , ..., C_n/C_{n+1}),并将这些图片进行结构化处理。实验者将先后给被试呈现场景图片对,第一张图片呈现 5s 后消失,间隔 1s 后,第二张图片呈现。要求被试又快又准的判断第二张图片是否与第一张图片相同(即时再认任务)。根据时间进程,图片对的呈现方式有 3 种情况:(1)“相同”图片对(如 C_1/C_1 , C_2/C_2 , C_3/C_3 , C_4/C_4 , ..., C_n/C_n);(2)正常时间顺序(如 $C_1 \rightarrow C_{1+1}$, $C_2 \rightarrow C_{2+1}$, $C_3 \rightarrow C_{3+1}$, $C_4 \rightarrow C_{4+1}$, ..., $C_n \rightarrow C_{n+1}$);(3)反时间顺序(如 $C_{1+1} \rightarrow C_1$, $C_{2+1} \rightarrow C_2$, $C_{3+1} \rightarrow C_3$, $C_{4+1} \rightarrow C_4$, ..., $C_{n+1} \rightarrow C_n$)。在实验中,他们让不同水平的篮球运动员完成即时再认任务,发现专家运动员比新手运动员对于正常时间顺序的图片对的反应时更慢,准确率更低。这个结果说明专家具有丰富的关于比赛连续阶段的知识,并且在视觉感知的早期阶段就充分使用了这些知识。这种倾向性在比赛中具有积极作用,但是在完成特定的实验室任务时就会表现为更大的偏差。这项研究初步拓宽了知识经验对移位现象的影响,同时说明运动员快速评估视觉场景和做出预判的能力同时受到知识程度和记忆痕迹的预期性质

的影响。

使用静态场景图片的一个局限是,尽管它可以准确地呈现物体的空间位置,但是损失了更复杂的动态的自然场景中的部分典型特征。因此,一些研究者尝试使用更真实的动态的场景视频代替静态的场景图片来研究专家和新手所出现的移位现象(Blätter, Ferrari, Didierjean, van Elslande, & Mameche, 2010, 2012; Blätter, Ferrari, Didierjean, & Mameche, 2011)。Goman 等首先给被试观看一段篮球比赛的视频(moving image),要求被试记住视频结束时的图像(即 C_1)以及进攻队员和防守队员的站位,紧接着呈现一个探测图像(probe image),探测图像中球员的站位要么与结束图像 C_1 完全相同(即 $C_1 \rightarrow C_1$);要么是按正常的时间进程和运动模式,接下来即将出现的站位图像(即 $C_1 \rightarrow C_{1+1}$, 记为图像 C_2);要么是按相反的时间进程和相反的运动模式,在结束图像之前出现的站位图像(即 $C_1 \rightarrow C_{1-1}$, 记为图像 C_3),要求被试判断探测图像与结束图像是否相同(Goman, Abemethy, & Farrow, 2011, 2012)。Goman 等使用静态场景图片和动态场景视频两种方式对不同水平的篮球运动员进行研究,结果发现,当使用场景视频时,相比于新手组,专家组和业余组在区分探测图像 C_2 和结束图像 C_1 时发生更多的错误,但当使用静态场景图片时,只有专家出现了移位现象。这一结果支持了模式知觉的表征动量效应(representational momentum effect for pattern perception),即当给专家提供其专业领域中的运动模式时,他们更有可能根据现有信息,预测接下来可能发生的运动阶段,因此如果探测图像的内容是结束图像在接下来可能出现的运动模式,那么专家在区分两张图像时更为困难。(Goman, Abemethy, & Farrow, 2011)。这也说明相比于新手,专家具有更为丰富的运动经验,更有能力提取运动中的信息和含义。

2.2 裁判的移位

与专家运动员在实验室任务中所表现出的移位现象不同,裁判在实际应用中所表现出的移位现象则会导致极为消极的结果。最典型的一个例子是关于网球比赛中压线球的判罚。随着鹰眼技术引入网球比赛,Whitney 等通过对 2007 年的温布尔顿公开赛的 57 场比赛进行统计发现,在 83 个错误判罚中,70 个是可预测错误,即球实际在界内却被判为界外,这与移位现象一致,裁判对球的位置的判断朝着球的运动方向发生了前移(Whitney, Wumitsch, Hontiveros, & Louie, 2008)。另外的 13 个错误是不可预测错误,即球在界外却被判为界内,这与移位现象不一致。统计检验发现,可预测错误显著多于不可预测错误,说明实际比赛中存在相当数量的报告偏差。随后,他们通过实验室实验验证了网球判罚中的移位现象。在计算机屏幕上呈现一个朝向或远离观察者运动的圆点,该圆点在不可预测的位置和时刻弹到一个可视的水平线上并反弹(模拟网球轨迹)。要求被试报告圆点反弹的位置是在水平线的上方还是下方。结果发现,被试报告的圆点位置沿运动方向发生了前移,并且朝向观察者方向的前移效应更大,支持了实际比赛中的判罚统计结果。由于移位现象的存在,网球裁判更倾向将一个界内球判罚为界外球。Mather (2008)通过蒙特卡罗模拟法(Monte Carlo simulation)计算出,运动员和边裁对接近底线和发球线附近的回弹判断比对接近边线和中线附近的回弹判断更困难。现有研究表明,移位量的大小受到运动方向的影响(Hubbard & Bharucha, 1988; Halpem 和 Kelly, 1993),而 Mather 的结论是否与球在不同运动方向上的移位量大小有关尚不清楚,未来研究可通过实验检验这一结论及其原因。

此外,一些研究者发现足球领域中在越位判罚中存在和移位效应有关的闪光滞后效应。认知心理学的基础研究表明,当

运动目标消失时,如果在与消失点相并列的位置闪现一个分心物,那么被试对目标消失位置的判断将出现更大的前移,而对闪现的分心物的位置判断出现向后的偏移,这些现象叫做闪光滞后效应(Munger & Owens, 2004)。Helsen 等对 2002 年国际足协(FIFA)世界杯日本对阵韩国比赛中共 64 次越位情境的视频回放分析发现,26.2%的越位判罚是错误的(Helsen, Gilis, & Weston, 2006)。Gilis 等对足球助理裁判进行计算机动画模拟越位情境的实验发现,在越位情境的判罚中,相比于防守队员静止的情况,有经验的足球裁判在评估运动中的防守队员的最终位置时,更容易出现判罚错误(Gilis, Helsen, Catteeuw, & Wagemans, 2008)。由于足球比赛得分的困难性,一个错误的判罚,很可能决定整场比赛的冠军归属。从运动心理学的角度考虑,效仿网球运动而在足球运动中引入鹰眼设备,可能有助于对足球判罚中的移位现象进行更加深入的探讨。

3 评价与展望

3.1 移位现象在运动中的作用

移位现象对于我们的日常生活来说具有三方面的作用:首先,它有助于我们对运动物体的将来位置进行预判;其次,通过这种对运动的预判,有助于我们调节和控制身体动作;第三,具有这种对事物未来位置的预判能力,有益于提高辨别事物的能力(Frinke, Freyd, & Shyi, 1986)。

移位现象在运动领域同样具有重要的作用。对于运动员来说,移位现象具有积极作用。这是因为:首先,在球类运动中,对运动轨迹的预期有助于运动员准确地击中目标,即使目标可能暂时的在视线中消失。如在足球运动中,球经常被其他运动员挡住。将注意朝向目标可能再次出现的位置有助于更快更准地对目标作出反应。其次,对物体运动轨迹的预期也有助于个

体有效地分配注意资源。如在网球比赛中,运动员不能只将视线和注意力放在球上,也需要在接球的同时注意对手的一举一动等。第三,由于移位现象的存在,那些具有丰富经验和知识的专家能够更有效的对运动情境进行编码,从而作出快速准确的战术预判。然而,对于裁判员来说,移位现象可能具有消极作用,会造成错误的判罚。

3.2 未来研究方向

尽管认知心理学中的移位研究已经进行了近30年,但运动心理学的移位研究才刚刚开始,尚有很多不清楚的地方,未来研究可尝试从以下几方面进行。

第一,现有研究已证明篮球(Didierjean, & Mamèche, 2005)、足球(Smeeton, Ward, & Williams, 2004)、曲棍球(Abemethy, Baker, & C? é, 2005)和排球(Smeeton, Ward, & Williams, 2004)运动员均存在移位现象。然而,这些运动均属于集体性项目,很少有研究涉及诸如网球、乒乓球等个人项目的运动员。Seya和Mori(2007)研究发现,空手道运动员比新手知觉到更大幅度的诱发运动(induced motion)。诱发运动的动眼神经理论(oculomotor theory of induced motion)认为,对抗由诱发刺激引起的慢相眼球震颤运动(a slow phase of optokinetic nystagmus, OKN)的平滑追踪眼动(smooth pursuit eye movement)是产生诱发运动的原因(王向博,丁锦红,2011)。诱发运动的幅度可以反映平滑追踪的努力(smooth pursuit effort)和观察者可以对抗慢相眼球震颤运动的能力。移位现象的眼动理论认为,平滑追踪眼动在目标消失后不能立即停止而是产生移位现象的原因。对于诸如网球、乒乓球等个人项目运动,高水平运动员需要在动态环境中维持注意集中和追踪目标(球),长期的专项训练使其具有更高水平的平滑追踪眼动能力。因此,专家比新手运动员对于运动物体的位置判断上可能产生更大的向前偏移。未来研究方向之一应尝试探讨个人项

目专家—新手运动员的移位效应大小。如果专家比新手在判断运动物体的落点上具有更大程度的移位量,就意味着专家比新手的定位更不准确,这与我们的经验相矛盾。其原因可能在于知觉与行为的分离,即人的视觉对物体的知觉与对行为的控制属于两个不同的系统。我们预测,个人项目运动员经过长期的训练,具有更好的本体感觉和运动知觉,依反应方式的不同,在移位现象上存在明显的知觉与行为的分离现象。当反应方式为被动判断时,新手比专家的定位更准确;但当反应为主动定位时,专家比新手的定位更准确。未来研究方向之一是探讨个人项目专家—新手在移位现象上的知觉与行为分离,这也有助于我们更好的了解运动训练对于个体的视知觉和本体感觉的作用。

第二,尽管一些研究探讨了移位 in 模式感知中是否存在积极转换现象,即那些具有相似组织、结构和战术特征的不同运动项目间是否存在模式知觉技能(pattern perception skill)的转移,但研究结论并不一致。Seetion等发现由于足球和曲棍球项目在结构和战术上具有一定的相似性,因此在足球和曲棍球的模式再认任务上,足球运动员和曲棍球运动员的表现要好于排球运动员。同时,排球运动员在排球任务上的表现更好,并且不能将这种能力转换到足球和曲棍球项目上(Smeeton, Ward, & Williams, 2004)。但Gorman等并没有发现足球运动员在篮球项目上的技能迁移(Gorman, Abemethy, & Farrow, 2011)。这些研究结果的不一致是否与运动项目的特点和选取有关,还有待进一步研究。

第三,研究发现移位大小受到诸如速度、注意、反馈和控制等多种因素的影响。如Munger和Minchew(2002)通过改变诱导刺激的速度发现,速度越大时,越会导致向前更大的移位。Whitney虽然用实验证明了网球压线球判罚中的移位现象,但该研究并未继续深入考察球场颜色背景、球的旋

转、球的运动方向、出界线位置等其他因素对判罚正误的影响,未来研究可结合比赛录像技术统计进行相关因素的实验验证(Whitney et al., 2008)。由于得分规则的特殊性,导致网球比赛的耗时浮动很大,这不仅是对运动员体力和意志品质的考验,同时也是对裁判员注意集中和稳定性的考验。研究表明,观察者的注意特征对移位的加工起着重要作用。在注意分配条件下(双任务)比控制条件下(单任务)被试对刺激的定位出现了更大的偏移(Hayes & Freyd, 2002; Joordens, Spalek, Razmy, & Van Duijn, 2004)。未来研究亦可考察疲劳程度、注意集中和情绪等因素在裁判对压线球的判罚上的作用,深入探讨压线球判罚中移位的影响因素,并尝试探索干预判罚错误的有效方法。此外,移位现象研究在裁判员判罚中的应用,不应只局限于足球和网球运动,未来研究应结合项目特点,探讨不同运动项目判罚中的移位现象。

Ruppel 等人认为反馈可能影响移位效应的大小(Ruppel, Fleming, & Hubbard, 2009)。Jordan 和 Knoblich(2004)要求被试通过按“<”和“>”键来控制在水平方向上向前或向后运动的刺激的加速或减速,结果发现当被试能够控制目标的运动时,移位量减少。Gilis 等则认为,在科学训练运动员方面,考虑移位现象的存在及影响,将会有助于快速提高成绩(Gilis, et al., 2008)。因此,未来的研究可以寻找影响移位现象大小的因素,尝试如何快速的提高运动员的成绩。

第四,个体对外界的信息加工是需要一定时间的,但在这段时间内,外界的变化是不会停止的,这就需要个体有一种对运动的预期,以补偿神经活动所需时间的延迟。复杂的运动(如跳高)需要在运动执行的过程中进行不断的调整,并非所有的行动命令(motor commands)在动作开始(movement initiation)前就已经决定好了。更重要的是,这种预期和动作调整可能是无意识

的。Guldenpeening 等对跳高运动员和非运动员在身体姿势的无意识加工方面进行了研究(Guldenpenning, Koester, Kunde, Weigelt, & Schack, 2011)。在给被试呈现阈下启动图片和目标图片后,要求被试又快又准地判断目标图片中的动作是处于助跑阶段(approach phase)还是腾空阶段(flight phase)。结果发现,对于运动员来说,不管启动图片和目标图片是否来自同一个运动阶段,当“启动—目标图片对”反映的是正常的时间顺序动作,那么个体的反应时变快。因此,当无意识感知启动图片时,运动员可能预期了动作的下一阶段。如果目标图片刚好是时间顺序上的下一动作,那么加快了个体对图片的编码速度。而对于非运动员来说,这种移位现象只会发生在不同动作阶段之间,即启动图片来自助跑阶段,目标图片来自腾空阶段,并未出现在同一个动作阶段内。普通人关于跳高运动的知识来自于一般常识,而运动员则由于丰富的训练经验,具有更精细的动作表征。这种知识和经验对于运动感知的影响可能是无意识的。未来研究应尝试探讨如篮球、足球等团体项目运动员对战术模式预期的无意识加工,同时将阈下启动研究拓展到其他运动项目。这有助于我们更加深入的了解预期对于移位现象的影响。

总之,移位现象对于运动心理学研究具有重要意义,它有助于我们了解运动员的预判和空间定位特点。移位现象的研究提示我们,提高运动员的空间定位能力和预判能力,可能需要考察多种影响因素的作用。未来研究应在运动员选拔和训练方面尝试做些探讨。

参考文献

王向博,丁锦红.(2011).平滑追踪眼动及其对运动物体时空特征表征和预测的影响.心理科学进展,19(5),682-691.

Abemethy, B., Baker, J., & Côté, J. (2005). Transfer

- of pattern recall skills may contribute to the development of sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 705–718.
- Blütte, C., Ferrari, V., Didierjean, A., & Mameche, E. (2011). Representational Momentum in Aviation. *Journal of Experimental Psychology*, 37(5), 1569–1577.
- Blütte, C., Ferrari, V., Didierjean, A., van Elslande, P., & Mameche, E. (2010). Can expertise modulate representational momentum? *Visual Cognition*, 18(9), 1253–1273.
- Blütte, C., Ferrari, V., Didierjean, A., van Elslande, P., & Mameche, E. (2012). Role of expertise and action in motion extrapolation from real road scenes. *Visual cognition*, 20(8), 988–1001.
- Brehaut, J. C., & Tipper, S. P. (1996). Representational momentum and memory for luminance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 480–501.
- Brouws, A. M., Franz, V. H., & Thornton, I. M. (2004). Representational momentum in perception and grasping: Translating versus transforming object. *Journal of Vision*, 4, 575–584.
- Didierjean, A., & Mameche, E. (2005). Anticipatory representation of visual basketball scenes by novice and expert players. *Visual Cognition*, 12(2), 265–283.
- Finke, R. A., & Freyd, J. J. (1985). Transformations of visual memory induced by implied motions of pattern elements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 11, 780–794.
- Finke, R. A., Freyd, J. J., & Shyi, G. C. (1986). Implied velocity and acceleration induce transformation of visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115(2), 175–188.
- Freyd, J. J., & Finke, R. A. (1984). Representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 10(1), 126–132.
- Freyd, J. J., Kelly, M. H., & DeKay, M. L. (1990). Representational momentum in memory for pitch. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 1107–1117.
- Gilis, B., Helsen, W., Catteeuw, P., & Wagemans, J. (2008). Offside decision by expert assistant referees in Association Football: Perception and recall of spatial position in complex dynamic events. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 14, 21–35.
- Goman, A. D., Abernethy, B., & Farrow, D. (2011). Investigating the anticipatory nature of pattern perception in sport. *Memory & Cognition*, 39, 894–901.
- Goman, A. D., Abernethy, B., & Farrow, D. (2012). Classical pattern recall tests and the prospective nature of expert performance. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1, 1–10.
- Guldenpenning, I., Koester, D., Kunde, W., Weigelt, M., & Schack, T. (2011). Motor expertise modulates the unconscious processing of human body postures. *Experimental Brain Research*, 213, 383–391.
- Halpern, A. R., & Kelly, M. H. (1993). Memory biases in left versus right implied motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 471–484.
- Hayes, A. E., & Freyd, J. J. (2002). Representational momentum when attention is divided. *Visual Cognition*, 9, 8–27.
- Helsen, W. F., Gilis, B., & Weston, M. (2006). Errors in judging “offside” in association football: Test of the optical error versus the perceptual flash-lag hypothesis. *Journal of Sport Sciences*, 24, 521–528.
- Hubbard & Bharucha. (1988). Judged displacement in apparent vertical and horizontal motion. *Perception & Psychophysics*, 44(3), 211–221.
- Hubbard T. (2005). Representational momentum and related displacements in spatial memory: A review of the findings. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(5), 822–851.
- Hubbard T. L. (2010). Approaches to representational momentum: theories and models. In R. Nijhawan & B. Khurana (Eds), *Space and time in perception and action* (pp. 338–365). Cambridge University Press.
- Hubbard T. L., & Courtney, J. R. (2010). Cross-modal influences on representational momentum and representational gravity. *Perception*, 39, 851–862.
- Hubbard T. L., & Ruppel, S. E. (2011). A Frohlich effect in memory for auditory pitch: Effects of cueing and of representational gravity. In D. Algom, D. Zarkay, E. Chajut, S. Shaki, Y. Mama, & V. Shakuf (Eds.), (2011). *Fechner Day 2011: Proceedings of*

- the 27th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (pp. 89—94). Raanana, Israel: International Society for Psychophysics.
- Joordens S., Spalek T. M., Razmy, S., & Van Duijn, M. (2004). A Clockwork Orange: Compensation opposing momentum in memory for location. *Memory & Cognition*, 32, 39—50.
- Jordan, J. S., & Knoblich, G. (2004). Spatial perception and control. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 54—59.
- Kerzel D. A., & Hubbard T. L. (2006). Why eye movements and perceptual factors have to be controlled in studies on representational momentum. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(1), 166—177.
- Mathes, G. (2008). Perceptual uncertainty and line-call challenges in professional tennis. *Proceedings of the Royal Society B*, 275, 1645—1651.
- Munger, M. P., & Minchew, J. H. (2002). Parallels between remembering and predicting an object's location. *Visual Cognition*, 9, 177—194.
- Munger, M., & Owens, T. R. (2004). Representational momentum and the flash effect. *Visual Cognition*, 11(1), 81—103.
- Ruppel, S. E., Fleming, C. N., & Hubbard, T. L. (2009). Representational momentum is not (totally) impervious to error feedback. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 63(1), 49—58.
- Seya, Y., & Mori, S. (2007). Motion illusion reveals fixation stability of karate athletes. *Visual Cognition*, 15, 4, 491—512.
- Smeeton, N. J., Ward, P., & Williams, A. M. (2004). Do pattern recognition skills transfer across sports? A preliminary analysis. *Journal of Sports Sciences*, 22, 205—213.
- Teramoto, W., Hidaka, S., Gyoba, J., & Suzuki, Y. (2010). Auditory temporal cues can modulate visual representational momentum. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 72(8), 2215—2226.
- Whitney, D., Wurmitsch, N., Hontiveros, B., & Louie, E. (2008). Perceptual mislocalization of bouncing balls by professional tennis referees. *Current Biology*, 18(20), 947—949.

Research Progresses of Displacement in Sports

DONG Rui WAN Xiao-ang WANG Yang PENG Kai-ping

(Department of Psychology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract

Displacement is a distortion in which observers misjudge the final position or orientation of a moving target, one of common mislocalization errors. In this literature review, we summarized three theories of the mechanisms underlying this phenomenon, and discussed recent research on displacement in sports. Some studies have shown that larger displacement is more likely to emerge in expert athletes than in novices, suggesting that expert athletes are better capable of extracting information from the sport scene in order to predict the movement of the ball. Other studies have suggested that the

displacement might be at least one of the reasons why some referees make incorrect decisions. In this sense, the displacement might be a positive bias for athletes but a negative bias for referees. Future research is needed to investigate the displacements in individual sports, and subliminal priming procedure might be a powerful tool in such studies.

Key words: displacement, representational momentum, sport psychology, subliminal priming procedure.