

·运动人体科学·

不同水平足球运动员空间知觉能力差异： 基于行为学和 fNIRS 的研究

殷春宇¹，史利²，张文³

(1.西北大学 体育教研部，陕西 西安 710127；2.陕西青年职业学院 公共课教研部，陕西 西安 710100；
3.陕西师范大学 体育学院，陕西 西安 710119)

摘要：空间知觉能力是决定足球运动员运动技能的关键，更是提升运动员竞技表现的核心因素。选取20名国家一级足球运动员(专家组)和20名高校足球俱乐部的体教专业大学生(新手组)，采用功能性近红外光谱成像技术(fNIRS)，探讨心理旋转任务下行为绩效、前额叶脑血氧(Oxy-Hb)激活以及脑功能连接的组间差异。结果显示：(1)专家组心理旋转任务正确率显著高于新手组($P < 0.05$)，反应时显著短于新手组($P < 0.01$)。(2)专家组左右侧背外侧前额叶、额极区和右腹外侧前额叶激活低于新手组($P < 0.05$)，并且脑间功能连接协同更强。研究认为，长期足球训练能够改变运动员的空间知觉加工模式，提高神经资源的利用效率，有利于大脑网络连接性，对认知功能的改善起到重要作用。

关键词：足球运动；空间知觉能力；心理旋转；认知优势；行为学；功能性近红外光谱成像技术
中图分类号：G843 文献标志码：A 文章编号：1006-7116(2024)01-0143-06

Differences in spatial perception ability among different-level soccer players: A study based on behavioral science and fNIRS

YIN Chunyu¹, SHI Li², ZHANG Wen³

(1.Department of Physical Education and Research, Northwest University, Xi'an 710127, China;
2.Department of Public Course Teaching and Research, Shaanxi Youth Vocational College, Xi'an 710100, China;
3.School of Physical Education, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

Abstract: Spatial perception ability is a critical factor to influence the motor skills of soccer players and also plays a central role in enhancing athletic performance. In this study, 20 national-level soccer players (expert group) and 20 physical education college students from football clubs (novice group) were selected, and by using the functional near-infrared spectroscopic imaging (fNIRS), between-group differences in behavioral performance, prefrontal cerebral blood oxygenation (Oxy-Hb) activation, and functional brain connectivity during a mental rotation task were also discussed. The results revealed that: (1) The expert group exhibited significantly higher correct rates ($P < 0.05$) and shorter reaction times ($P < 0.01$) in the mental rotation task compared to the novice group. (2) Activation in the left and right dorsolateral prefrontal cortex, frontal pole area, and right ventrolateral prefrontal cortex was lower in the expert group ($P < 0.05$), with stronger interbrain functional connectivity. The study suggested that: long-term football training appears to alter the spatial perceptual processing mode in athletes, enhancing neural resource efficiency and promoting stronger brain network connectivity, and these findings contribute valuable insights into the cognitive benefits associated with soccer training.

Keywords: soccer; spatial perception ability; mental rotation; cognitive advantage; behavioral science; fNIRS

收稿日期：2023-06-13

基金项目：教育部人文社会科学项目(23YJAZH087)；陕西师范大学高水平成果培育项目(2022BA002)。

作者简介：殷春宇(1981-)，男，副教授，研究方向：体育教学与训练。E-mail: 1451638@qq.com

足球比赛中攻防态势瞬息万变,运动员不仅要注意球的位置、运行轨迹^[1],还要注意场上对手及队友的空间站位等时空信息,可见复杂的时空动态场景需要运动员具有较强的空间感知、编码和转换信息的空间知觉能力^[2]。空间知觉是对物体距离、形状、大小、方位等空间特性的知觉^[3],多通过心理旋转范式进行测试^[4]。心理旋转也被称为“心象旋转”^[5],是个体在大脑中将自己或视觉刺激物(如数字、图形)的形象在平面或三维空间中旋转的心理过程^[6],心理旋转任务体现空间知觉的加工特征。研究发现,长期运动训练可以提升练习者的空间知觉能力^[7]。如攀岩运动过程中运动员需要提前决策和想象他们身体姿态和动作停留时间,刻意练习使得攀岩运动员比非攀岩运动员具有更好的认知表现^[8]。摔跤手和体操运动员相比运动新手具有更好的空间能力^[9]。尽管足球运动员相比其他运动员心理旋转速度更快,具有更好地感知或编码对象的空间知觉能力^[10],但目前关于这一优势的神经机制尚需探讨。

脑可塑性假说提出,心理现象都是以大脑活动为基础,运动可以改善大脑的认知能力,这是由于运动引起脑加工模式改变的结果^[11]。长期运动练习使运动员空间知觉能力有所改善,能够自动将其神经系统与感觉信息联系起来,进而对空间环境信息知觉更快,心理能量也呈现“节省化”特征^[12]。Claudio 等^[13]研究发现在专项场景空间任务加工过程中,足球运动员相比新手的皮质激活更高。短期心理旋转训练可提升被试者腹、背外侧前额叶皮层和额极区脑激活更活跃,空间知觉能力也得到显著提升^[14]。在探讨足球运动员静息态下与空间注意和空间知觉协调加工整合的相关脑区的脑电研究发现,额叶等脑区的激活较明显^[15]。然而非专项场景下,不同水平足球运动员空间知觉能力差异的脑机制需进一步探讨。

功能性近红外光谱成像技术(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS),是一种非侵入性光学成像技术,通过近红外范围内 Hb 的特征吸收光谱来测量大脑内血红蛋白浓度的变化,能够很好定位与认知功能相关的大脑皮质区,目前已被广泛应用于人类复杂的认知研究当中^[16]。此外,功能性神经影像学可揭示特定大脑区域招募的空间认知处理的激活,如左、右背外侧前额叶显著激活以及 Brodmann 区域(BA8、BA9、BA10, BA44 和 BA47)被认为是空间知觉的核心神经相关性之一^[17]。不难看出,借助 fNIRS 探究高水平足球运动员空间知觉能力优势的脑加工机制及作用脑区,可为明确足球运动提升个体空间知觉能力的锻炼价值及通过神经调控刺激提升运动竞技能力提供理论依据。综上所述,研究旨在通过心理旋转范式和 fNIRS,

对比足球专家和新手运动员在心理旋转任务中行为绩效、脑激活和脑功能连接方面的差异,同时提出以下假设:心理旋转任务中,专家足球运动员表现出一定的行为绩效优势,即正确率更高、反应时更短,而这一优势与其大脑神经活动相关,主要表现为专家运动员具有独特的脑加工模式且脑功能连接更强。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

根据 G Power 3.1 软件对实验样本量进行估算。预期效应量 f 为 0.9, 设 α 为 0.05, 统计效力 β 为 0.8, 得出总样本量 $n = 40$ 名。选取 20 名国家一级及以上足球运动员为专家组, 男性 12 名、女性 8 名, 平均年龄(21.3 \pm 1.3)岁, 每周训练(9.4 \pm 1.1) h, 平均训练年限(8.49 \pm 1.73)年。20 名高校足球俱乐部的体育教育专业学生为新手组, 男性 11 名、女性 9 名, 无运动等级, 平均年龄(20.8 \pm 0.8)岁, 每周训练(1.6 \pm 1.2) h。选取标准:(1)各组被试者健康状况良好, 受教育程度一致, 均为右利手;(2)裸眼视力或矫正视力正常;(3)无脑创伤、精神病史、心肺疾病、鼻炎等, 实验前被试者均未使用过影响脑神经活性的药物, 如酒精和咖啡因等;(4)能够熟知键盘按键位置, 均未参加过类似实验;(5)无听力和视力障碍。所有被试者均签署知情同意书, 同时本研究得到陕西师范大学伦理委员会的批准。

1.2 实验设计及流程

实验采用单因素被试间设计, 自变量为专家组和新手组 2 个水平, 因变量为心理旋转任务的正确率、反应时、各脑区氧合血红蛋白(Oxy-Hb)变化及各脑区功能连接强度。

实验分为 2 个阶段: 练习阶段和正式测试阶段。在 2 个阶段中, 每个轨迹的处理过程都相同。首先采集被试者 30 000 ms 静息态下的电生理信息, 之后出现指导语程序, 待被试者明白实验操作后按空格结束, 测试阶段根据被试者的反应, 在屏幕中央会显示“正确”, “错误”或“未响应”形式的反馈 1 500 ms。为最大限度减少超出任务熟悉程度的学习量, 培训阶段被限制为 2 min, 该阶段使用的刺激材料与随后进行正式实验(测试阶段)所用的刺激材料不同。培训阶段的目的是帮助参与者熟悉实验, 并且在此期间未收集任何数据。

本实验设计参考以往研究^[18], 测试程序均用 E-prime 3.0 软件编写和呈现。心理旋转任务是由 1 个 5 \times 5 的矩阵构成的正方形。其中, 随机 6 个方块为黑色。首先会出现在白色背景(完整的计算机显示)的中心出现红色的“+”注视点, 持续 1 000 ms; 随后出现现记

刺激图片呈现 6 000 ms。被试者需要对目标刺激进行向左或向右(90°、180°、270°)的心理旋转操作, 然后判断右边的图形是否为左边图形旋转以后的图形。如果是, 要求被试者按下 f 键; 如果不是, 按下 j 键。心理旋转任务共 24 trail, 每 4 个 trail 休息 20 000 ms, 记录被试者判断心理旋转所需要的反应时和正确率指标, 并在完成心理旋转任务时用近红外记录氧合血红蛋白的浓度变化, 进而反映脑功能等指标(流程见图 1)。

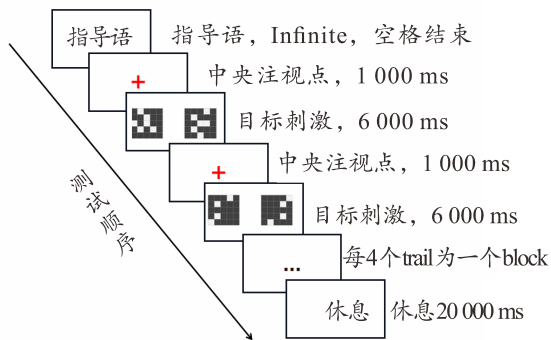


图 1 心理旋转测试过程

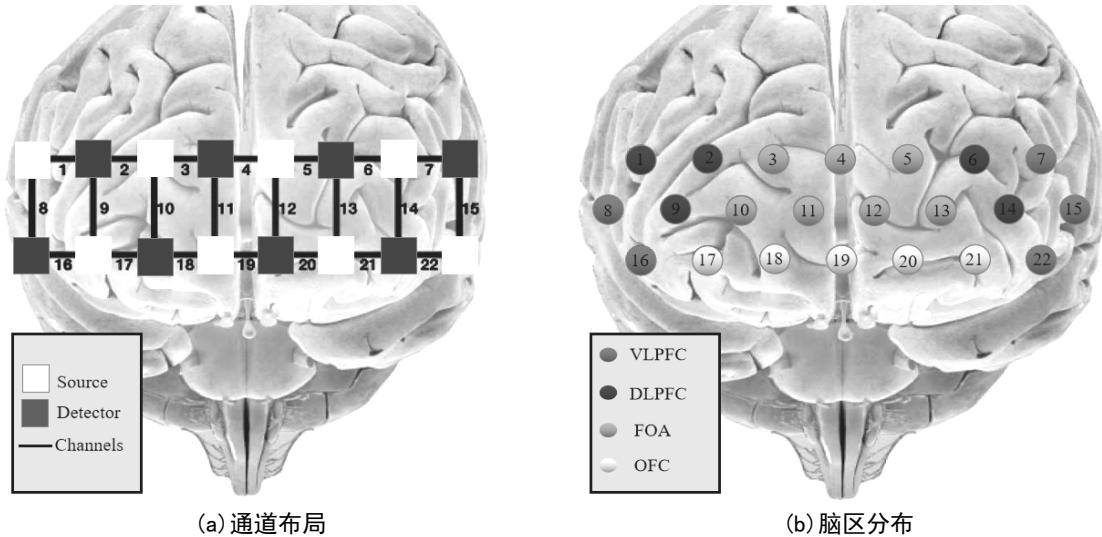


图 2 前额叶皮层通道布局和标定脑区

1.4 数据分析

行为绩效指标为反应时间(reaction time, RT)和正确率(accuracy rate, ACC), 计算所有被试者各绩效指标的均值作为行为结果。通过独立样本 t 检验进行分析, 观察不同水平足球运动员的行为学指标差异。

fNIRS 数据分析, 基于 Matlab(R2013b)平台的 NIRS_SPM 软件, 通过修正的比尔-朗伯定律将光强

1.3 数据采集

实验仪器采用研究型便携式近红外脑功能成像系统(LIGHTNIRS, 日本岛津公司), 检测被试者任务期间局部脑区的血氧动力学信号。该系统是一种连续波近红外系统, 包括 8 个光源探头(780 nm、805 nm、830 nm)以及 8 个接收探头, 用黑色线段及数字表示光源和探测器形成的近红外通道, 共 22 个测量通道(图 2-a)。根据已有的解剖标定体系 (Anatomical Labeling Systems, LBPA40)来划分感兴趣区(Region of interest, ROI), 共划分出 8 个 ROI(图 2-b)。右侧背外侧前额叶(R-DLPFC): Ch1、Ch2、Ch9; 左侧背外侧前额叶(L-DLPFC): Ch6、Ch7、Ch14; 右侧腹外侧前额叶(R-DLPFC): Ch8、Ch16; 左侧腹外侧前额叶(L-DLPFC): Ch15、Ch22; 右侧额极区(R-FOA): Ch3、Ch4、Ch10、Ch11; 左侧额极区(L-FOA): Ch4、Ch5、Ch12、Ch13; 右侧眶额区(R-OFA): Ch17、Ch18、Ch9; 左侧眶额区(L-OFA): Ch19、Ch20、Ch21。以上 8 个 ROI 均匀分布在前额叶, 采用多通道近红外数据空间配准到 MNI 空间的方法。fNIRS 记录结束后使用 3D 定位仪确定探头位置, 通过概率配准方法把 fNIRS 通道位置与 MNI 空间坐标进行配准, 获得与分区之间的对应关系。

数据转换为血氧数据, 然后对数据进行预处理, 消除异常值、提高信噪比, 使整体滤波后的信号便于后续计算分析。具体步骤包括: MNI 坐标配准、基于一般线性模型(GLM)的设计矩阵的构建、基于具有时间导数的血流动力学响应函数(HRF)的低通滤波器、基于离散余弦变换(DCT)去趋势算法的高通滤波器; 然后对任务条件下的 22 个通道的 Beta 值进行评估, 根据划分

ROI 作为相对应脑区的激活指标;最后,针对每个脑区的 Beta 值,通过独立样本 t 检验进行分析。采用 SPSS 26.0 对测量的行为学和 fNIRS 数据进行统计处理,分别对专家组和新手组足球运动员心理旋转任务下各个通道的 beta 值进行 Pearson 相关分析,使用 FDR 校正所有 P 值, $P < 0.05$ 被认为具有统计学上的显著意义。

2 结果与分析

2.1 行为结果

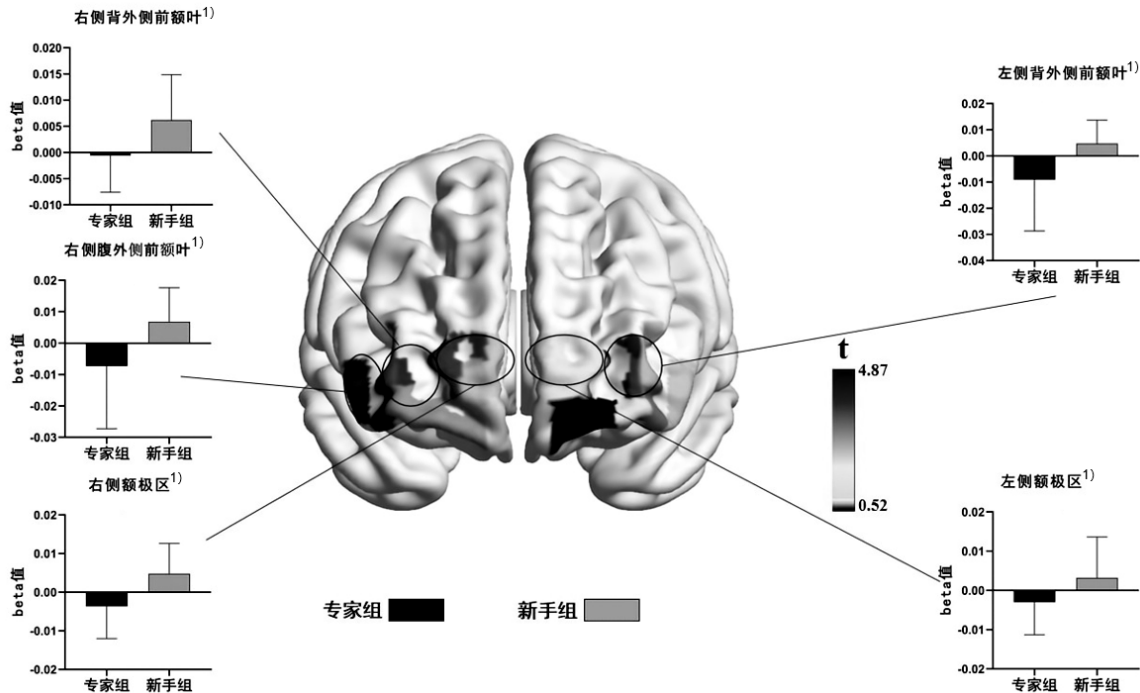
为观察专家组和新手组在空间知觉能力上的行为学指标差异,采用独立样本 t 检验对不同水平足球运动员心理旋转任务的行为学结果进行分析,研究显示:专家组(0.64 ± 0.03)%正确率显著高于新手组($0.61 \pm .03$)%, $t = 2.736, P < 0.05, d = 1.00$; 专家组反应时($2\ 385.75 \pm 244.11$) ms 显著低于新手组($3\ 139.52 \pm 334.31$) ms,

$t = -7.636, P < 0.01, d = 2.57$ 。

2.2 fNIRS 结果

1)不同脑区激活结果。

为考察不同水平足球运动员空间知觉能力的认知神经特征,将 8 个脑区的 β 值作为结果变量,采用独立样本 t 检验进行差异检验。如图 3 所示:在心理旋转任务下专家组脑血氧激活强度在 R-DLPFC(38): $t = -2.561, P = 0.015, d = 0.81$; L-DLPFC(38): $t = -3.116, P = 0.003, d = 0.98$; R-VLPFC(38): $t = -3.166, P = 0.003, d = 1.00$; R-OFC(38): $t = -3.314, P = 0.002, d = 1.04$ 和 L-OFC(38): $t = -2.084, P = 0.044, d = 0.65$ 均低于新手组。根据通道所对应的脑区,进一步反映专家组左、右侧背外侧前额叶、额极区和右腹外侧前额叶激活低于新手组。



1) 专家组与新手组相比, $P < 0.05$

图 3 不同水平足球运动员显著激活脑区比较

2)脑间通道相关性分析结果。

为探究长期足球练习对个体脑区和脑区神经生理活动变化之间的关系,对不同水平足球运动员在心理旋转任务下脑区之间功能连接相关系数进行独立样本 t 检验,结果发现专家组的 VLPFC、DLPFC、FOA 和 OFC 之间的功能连接强度显著大于新手组,说明专家组足球运动员在任务过程中的脑网络的组织更加协调、高效,并且比新手组运动员更强(见第 147 页表 1)。

3 讨论

空间知觉能力是决定足球运动员运动技能的关键,更是提升运动员竞技表现的核心因素。研究发现,专家组心理旋转任务正确率显著高于新手组,反应时显著低于新手组,结果验证专项水平与一般认知能力存在正相关关系,对于揭示运动经验改善空间知觉能力的调节作用具有一定价值。足球运动员在比赛过程中要处理一系列复杂的空间信息,这些信息包括队友

和对手的位置和意图、球的位置和轨迹、防守和进攻战略以及战术,这就需要运动员具备较强的空间知觉能力。因此,足球运动员能否在有效的时间内做出时空判断是决定其运动成绩的关键。专家组运动员对技能习得过程或运动训练所导致的感觉运动系统的适应性更高^[19],在应对刺激目标时编码更完整、性能和效率更快^[20],表现出专家优势^[21]。这种能力更多取决于运动员空间知觉能力,也就是运动员大脑对空间信息自上而下的加工效率和神经资源的募集数量紧密相关^[22]。研究进一步明确,高水平足球运动员在空间知觉能力上具有一定的认知优势。

表1 不同水平足球运动员心理旋转任务
脑功能连接相关系数差异性检验

ROI-1	ROI-2	t
	R-VLPFC	4.377 ²⁾
R-DLPFC	L-VLPFC	3.253 ¹⁾
	R-OFC	4.106 ²⁾
	L-VLPFC	2.533 ¹⁾
L-DLPFC	R-FOA	2.942 ¹⁾
	L-FOA	3.753 ¹⁾
	L-VLPFC	4.751 ²⁾
R-VLPFC	R-FOA	3.242 ¹⁾
	R-FOA	4.531 ²⁾
L-VLPFC	L-OFC	3.760 ¹⁾
	L-FOA	4.531 ²⁾
R-FOA	R-OFC	3.760 ¹⁾
R-FOA	L-OFC	2.901 ¹⁾
L-FOA	R-OFC	3.316 ¹⁾

专家组与新手组相比: 1) $P < 0.05$; 2) $P < 0.001$

通过对比专家组运动员和新手组运动员在心理旋转任务中前额叶脑血流动力学变化的差异,发现专家组左、右侧背外侧前额叶、额极区和右腹外侧前额叶激活均低于新手组。行为表现与大脑加工具有着对应关系,不同水平运动员的行为绩效差异可能是由于长期运动训练改善练习者的认知功能^[23],因此专家组运动员具有独特的脑加工模式。网状激活模型指出,运动训练可提升运动控制的优化和有限的神经资源自动化,表现为前额叶血氧激活降低^[24]。神经影像学研究表明,额叶皮层在先前研究中一致认为参与控制空间认知任务,如通过经颅直流电刺激(tDCS)可激活背外侧前额叶皮层^[25],进而提高被试者在空间知觉任务中的表现,同时额极区主要功能在于对多个目标的空间整合任务^[26]。

认知神经科学研究表明,脑间协同水平与信息传递的效率有关^[27]。研究对不同水平足球运动员空间知觉能力的功能连接进行分析发现,专家组功能连接强度显著大于新手组。任务诱发的功能连接被认为与特

定任务表现相关的特定大脑区域之间存在短暂的相互作用,而运动可以增强大脑网络中的连接性^[28]。这一结果可能是长时间足球训练让练习者习得空间认知加工能力,所以对空间认知资源的需求减少,同时在任务中具有注意力转移、空间记忆编码和空间位置判断的高效率^[29]。韩卓君^[30]研究发现,专家组运动员前额叶与左右运动区的功能连接强,动作想象更加集中。在足球场复杂多变的情况下,球员需要调节和调控技术动作以便应对运动情境中的空间变化,不断更新和分析对手的空间位置信息,感知空间距离,进而明确攻防战术,可见专家组足球运动员的脑网络组织更加协调、高效并增强脑组织的合成继而增加功能连接^[31]。

综上所述,研究从脑血流动力学的角度,通过对比研究关注运动经验对空间认知能力的调节作用并明确加工脑区,揭示长期足球训练对运动员空间知觉能力的影响,为运动训练促进空间知觉能力改善的潜在机制及制定个性化运动干预方案提供理论参考。

参考文献:

- [1] 谢松林, 龚波, 陶然成. 刻意训练理论在英国足球后备人才培养中的应用与启示[J]. 体育学刊, 2020, 27(6): 132-125.
- [2] FENG T, LI Y. The time course of event-related brain potentials in athletes' mental rotation with different spatial transformations[J]. Frontiers in Behavioral Neuroscience, 2021, 15: 675446.
- [3] 梁祎明, 张忠秋, 章建成. 运动空间知觉的影响因素及其信息加工特征[J]. 西安体育学院学报, 2018, 35(3): 354-360.
- [4] 康丹, 文鑫. 心理旋转训练对5~6岁儿童空间能力和数学能力的影响[J]. 心理发展与教育, 2020, 36(1): 19-27.
- [5] NISHIKAWA R, MIURA H, TAKIB H. Analysis of cerebral blood flow state during a mental rotation task to assess spatial perception ability[J]. Procedia Computer Science, 2022, 20(7): 4055-4064.
- [6] WANG S, HU B Y, ZHANG X. Kindergarteners' spatial skills and their reading and math achievement in second grade[J]. Early Childhood Research Quarterly, 2021, 57(4): 156-166.
- [7] DAVID M, ANNIE M D, JEROME C, et al. Spatial ability and motor performance: Assessing mental rotation processes in elite and novice athletes[J]. International Journal of Sport Psychology, 2011, 42(6): 525-547.
- [8] SUGI T, ISHIHARA M. The effect of visual and tactile information in motor preparation of climbing[J].

- European Journal of Sport Science, 2021, 23(2): 11-15.
- [9] DAVID M, JÉROME C, ANNIE M D, et al. Enhancing spatial ability through sport practice: Evidence for an effect of motor training on mental rotation performance[J]. Journal of Individual Differences, 2012, 33(2): 83-88.
- [10] HAMDI H, LAURE L P, NICOLAS M, CORINNE M. Effects of the axis of rotation and primordially solicited limb of high level athletes in a mental rotation task[J]. Human Movement Science, 2014, 37(6): 58-68.
- [11] 易妍, 刘静如, 张言, 等. 不同认知负荷条件下定向运动员心理旋转能力的行为绩效及脑加工特征[J]. 体育学刊, 2022, 29(2): 136-144.
- [12] 周成林, 冯琰, 王小春. 高水平男子击剑运动员空间知觉特性的事件相关电位研究[J]. 中国运动医学杂志, 2011, 30(2): 121-127.
- [13] CLAUDIO P D, MAURO F, JOSY A M D, et al. Football players do not show "neural efficiency" in cortical activity related to visuospatial information processing during football scenes: An EEG mapping study[J]. Frontiers in Psychology, 2019, 10(8): 890.
- [14] MOEN K C, BECK M R, SALTZMANN S M, et al. Strengthening spatial reasoning: Elucidating the attentional and neural mechanisms associated with mental rotation skill development.[J]. Cognitive Research: Principles and Implications, 2020, 5(1): 20.
- [15] 李垂坤, 张业廷, 魏翠兰, 等. 足球运动对运动员源定位及脑功能连接的影响研究[J]. 中国体育科技, 2022, 58(11): 51-62.
- [16] CONA G, SCARPAZZA C. Where is the "where" in the brain? A meta-analysis of neuroimaging studies on spatial cognition[J]. Human Brain Mapping, 2019, 40(6): 1867-1886.
- [17] 唐思洁, 秦奎元, 李瑛, 等. 定向运动员空间距离感知特征研究: 来自行为学和 fNIRS 的证据[J]. 中国体育科技, 2023, 59(3): 20-27+36.
- [18] 邵永聪, 皇甫恩, 苗丹民, 等. 表象旋转测验预测空间能力的有效性[J]. 中华航空航天医学杂志, 2004(4): 201-203.
- [19] 宋扬, 唐思洁, 绿红. 心理旋转能力对定向运动选手试图效率的影响研究[J]. 体育学刊, 2018, 28(4): 125-130.
- [20] HIEW S, ROTHANS J, ELDEBAKEY H, et al. Imaging the spin: Disentangling the core processes underlying mental rotation by network mapping of data from meta-analysis[J]. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 2023, 50(10): 105187.
- [21] STEFANIE P, PETRA J. Laterality-specific training improves mental rotation performance in young soccer players[J]. Frontiers in Psychology, 2018, 9: 220.
- [22] ALVES H, MICHELLE W V, WALTER R B, et al. Perceptual-cognitive expertise in elite volleyball players[J]. Frontiers in Psychology, 2013, 4: 36.
- [23] 宋扬, 刘阳, 杨宁, 等. 定向运动练习改善注意缺陷多动障碍儿童执行功能的研究[J]. 体育学刊, 2020, 27(3): 110-115.
- [24] LEONARDO J, ANDREAS W, PETRA J. Interactions between simultaneous aerobic exercise and mental rotation[J]. Current Psychology, 2021, 42(5): 1-14.
- [25] 郭娅美, 焦学军, 姜劲, 等. 基于经颅直流电刺激的心理旋转能力增强研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2021, 38(4): 630-637.
- [26] 漆昌柱, 贺梦阳, 王浩宇. 运动专长的记忆痕迹: 基于注意竞争优势的脑机制研究[J]. 武汉体育学院学报, 2021, 55(2): 68-75.
- [27] MENEGHETTI C, CARDILLO R, MAMMARELLA I C, et al. The role of practice and strategy in mental rotation training: Transfer and maintenance effects[J]. Psychological Research, 2017, 81(2): 415-431.
- [28] MOORE D, LOPRINZI P D. Exercise influences episodic memory via changes in hippocampal neurocircuitry and long-term potentiation[J]. The European Journal of Neuroscience, 2020, 54(8): 6960-6971.
- [29] MENGXIA G, DELONG Z, ZENGJIAN W, et al. Mental rotation task specifically modulates functional connectivity strength of intrinsic brain activity in low frequency domains: A maximum uncertainty linear discriminant analysis[J]. Behavioural Brain Research, 2017, 32(6): 233-243.
- [30] 韩卓君. 基于 fNIRS 的不同技术水平太极拳练习者脑功能差异的研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2019.
- [31] GOWIK J K, GOELZ C, VIELUF S, et al. Publisher Correction: Source connectivity patterns in the default mode network differ between elderly golf-novices and non-golfers[J]. Scientific Reports, 2023, 13(1): 7336-7338.