

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：网球运动专长对深度运动知觉影响的 ERP 研究

作者：韦晓娜 漆昌柱 徐霞 洪晓彬 罗跃嘉

第一轮

编委意见：

意见 1：研究方法或者研究设计的问题。两组不同被试之间的组间比较，除去网球专家与否的差别，尚有可能存在诸多其他差异。因此，为了尽可能地排除其他因素的可能作用，最好是在两组之间设计一个基线任务，在基线任务中，两组的行为和 ERP 表现均无差异。这个基线任务可以排除很多其他的可能解释，例如知觉能力不同或者注意能力不同。但是本实验并没有设计这样的基线任务。正因如此，本研究所发现的诸多差异在解释上就不唯一，可能并不是由网球专家与否带来的。这在实验设计上就有比较致命的一个缺陷。

回应：深度运动知觉也属于知觉的一种，因此如果实验排除知觉能力有可能连深度运动知觉本身差异也排除；我们经过讨论和查阅文献后认为，探讨运动专长对深度运动知觉的影响，设计基线任务是一种比较严格的方法，需要很长的实验周期。在大多数组间比较的文献中，特别在注意研究中较少使用基线任务的设置。因此我们认为这不是实验的必须条件。

意见 2：研究涉及两组不同被试的比较，因此在诸多方面要尽可能保持组间的匹配，例如年龄、性别、教育程度，等等。目前的文章中年龄的差异与否没有检验，性别没有匹配。建议这些方面控制更加严格。另外，这种组间比较一般而言要求的被试量都比较大，一般每组 20 人以上，甚至达 30 人。当然具体被试数与效应量的大小有关，但普遍而言，15 人一组的样本量是偏小了。

回应：专家的意见很好，增加被试有利于组间比较和提高信噪比。针对该问题，已严格按照同样的实验设计，将网球专家组和新手组分别各自增加 5 名被试。增加后每组有 19 名被试，其中，专家组 11 男 8 女，新手组 12 男 7 女，性别达到平衡，且对被试年龄进行检验后无显著差异。相应的数据变动已在上传的修改稿件中用红色字体标明。新增的结果则用蓝色字体标出。

意见 3：EEG/ERP 记录的阻抗标准为 10K 欧姆，为什么不采用行业标准 5K 欧姆？

回应：实际的情况是只有前额区和左右颞区个别电极点的电阻在个别被试上达到 7、8K 欧姆。其他区域，尤其是研究所关心的顶区、枕顶区、枕区、枕颞区电极点的电阻都是 5K 欧姆以下。而且，文章在写的时候之所以采用 10K 欧姆的阻抗标准，是因为所引用或参考的有关深度运动知觉的 ERP 研究中使用的是该标准。相关参考文献如下：

Lamberty, K., Gobbelé R., Schoth, F., Buchner, H., & Waberski, T. D. (2008). The temporal pattern of motion in depth perception derived from ERPs in humans. *Neuroscience Letters*, 439(2), 198-202.

Delon-Martin, C., Gobbelé R., Buchner, H., Haug, B. A., Antal, A., Darvas, F., & Paulus, W. (2006). Temporal pattern of source activities evoked by different types of motion onset stimuli. *NeuroImage*, 31(4), 1567-1579.

意见 4: 文中数据分析中提到的 N2 成分（即后面所谓的 N180），从 ERP 图上看应该是 N1 成分；似乎没有必要再专门按照潜伏期来命名？

回应: 文中数据分析中提到的 N2 成分，是大多数与深度运动知觉相关的 ERP 研究中都会出现的成分，出现的区域为 150 ms- 210 ms 之间，这些研究未将其命名为 N1，如：

Delon-Martin, C., Gobbel   R., Buchner, H., Haug, B. A., Antal, A., Darvas, F., & Paulus, W. (2006). Temporal pattern of source activities evoked by different types of motion onset stimuli. *NeuroImage*, 31(4), 1567-1579.

Hoffmann, M. B., Uns  dd, A. S., & Bach, M. (2001). Directional tuning of human motion adaptation as reflected by the motion VEP. *Vision Research*, 41(17), 2187-2194.

Kobayashi, Y., Yoshino, A., Kawamoto, M., Takahashi, Y., & Nomura, S. (2004). Perception of apparent motion in depth: a high-density electrical mapping study in humans. *Neuroscience Letters*, 354(2), 115-118.

Lamberty, K., Gobbel   R., Schoth, F., Buchner, H., & Waberski, T. D. (2008). The temporal pattern of motion in depth perception derived from ERPs in humans. *Neuroscience Letters*, 439(2), 198-202.

因此，在最初未进行结果分析之前将其命名为 N2，但由于本研究中该负波的波峰较为集中(大多为 160ms-185ms)，为了让读者更直观的了解其潜伏期，故采用极性+潜伏期的方式，将其命名为 N180。如果审稿人认为确有必要命名为 N1，也是可以考虑的。

第二轮

外审审稿人 1 意见:

意见 1: 该研究采用事件相关电位技术研究网球运动专长对个体深度运动知觉的影响，通过记录和对比网球运动专家和新手在深度运动知觉的行为反应和 ERP 成分，发现网球专家组深度运动知觉的判断准确率高于新手组，并在 ERP P1 和 P2 的潜伏期存在一定的组间差异。该研究的选题有一定意义，但总体感觉缺少对研究内容的实验假设，同时仍存在问题需要作者进一步的思考。

回应: 正如审稿人指出，实验假设的确是很重要的。我们已将研究假设具体化，并在原稿正文增加以下内容（稿件增加文字用蓝色字体标出）：“本研究的实验假设是相对于网球新手，网球专家在深度运动知觉判断的过程中信息处理速度更快而且准确性更高，两组的差异会体现在与深度运动知觉过程中相关 ERP 成分：即与视觉注意资源调用相关的顶颞叶 P1、与运动信息整合的顶颞叶 N2、与模式识别相关的顶叶 P2 和 P300 等，网球专家的信息加工速度更快，效率更高”。这样力图使实验假设更加具体和明确。

意见 2: 该研究中选取的两组被试除了在网球运动外，在其他运动技能方面也可能存在较大差异，建议作者选取另一组运动技能较强（但较少涉及深度运动知觉）的被试组作为对照，研究结果对于说明网球运动专长对个体深度运动知觉的影响会更有说服力。

回应: 本研究所采用的专家-新手范式，主要目的是考察网球运动员在深度运动知觉上的专长效应，也就是与一般人群的区别，而且本实验的涉及也仅针对深度运动知觉，因此我们认为，采用网球专家组和原对照组应该可以说明研究的问题。但专家提出的建议也确很重要，运动技能的构成元素较为复杂，针对其他项目运动员的深度运动知觉的考察，我们将作为之后进一步的研究。

意见 3: 网球专家组的正确率普遍高于新手组，这种差异是否特异于深度运动知觉？建议作者考察被试对实验设计中的非靶刺激（无深度运动知觉）的反应，至少需要报告被试对于非靶刺激反应的错误率。

回应：网球专家与新手之间的差异不仅存在于深度运动知觉，其他认知技能如预判和视觉搜索也存在差异。但本研究的目的是采用专家-新手范式考察网球运动员在深度运动知觉上的专长效应，因此实验刺激和任务的设计也控制在考察深度运动知觉。我们认为，差异的特异与否可能与本研究的关联不大。

有关提供非靶刺激行为学数据，专家的建议是有道理的，因此我们在文中补充以下内容（稿件增加文字用蓝色字体标出）：非靶刺激行为数据结果：“新手的正确率为平面扩大(0.99±0.018) 平面缩小(0.99±0.017)；专家的正确率为平面扩大(0.99±0.014) 平面缩小(0.99±0.015)。两组被试对非靶刺激的正确率无显著差异”。（备注：平面刺激（非靶刺激）仅用于约束被试先进行刺激识别，实验中被试对该类刺激的正确反应是只观看而不需要按键反应，仅有正确率数据。）

意见 4：与行为数据类似，建议作者仔细分析非靶刺激诱发的 ERP 是否存在靶刺激诱发的 P1 和 P2 潜伏期和波幅的差异。此外，目前的 ERP 数据很难和行为数据有所呼应，这是值得作者思考和回答的问题。

回应：与回答审稿人提出非靶刺激正确率的问题相似，我们认为本研究的目的是采用专家-新手范式考察网球运动员在深度运动知觉上的专长效应，实验刺激和任务的设计控制在考察深度运动知觉，靶刺激的数据应该可以说明研究问题。而且在实验中被试对非靶刺激的正确反应是只观看而不需要按键反应，两类刺激不仅存在刺激参数的差异，也存在反应的差异，因此可能没有直接的可比性。在此我们向审稿人提供非靶刺激和靶刺激的 ERP 数据统计结果，用于参考：

ERP 数据选取方法与靶刺激一致，唯一不同的是非靶刺激数据的组内变量只有形状变化方向（扩大，缩小）没有旋转变量，组间变量一样（网球专家组，新手组），因变量一样（PO7 和 PO8 两个电极点的 P1 和 N180、Oz 电极点的 P2 以及 CPz 和 Pz 电极点的 P300 的峰值幅度和潜伏期）。所得结果如下（仅描述差异达到显著性水平的结果，红色字体为两种刺激的结果相呼应的地方，绿色字体为涉及专家效应的结果，蓝色字体为各自特有结果）：

非靶刺激：

P1: 潜伏期在 PO7 的方向主效应显著($(F(1,36) = 8.93; p = 0.005; \eta_p^2=0.199)$)，靠近(110.95 ± 2.807 ms)的 P1 潜伏期长于远离(103.89 ± 2.562 ms)；在 PO8 的方向主效应显著($(F(1,36) = 20.29; p = 0.000; \eta_p^2=0.360)$)，靠近(109.37 ± 1.807 ms)的 P1 潜伏期长于远离(102.21 ± 2.011 ms)。

N180: 潜伏期在 PO7 的方向主效应显著($(F(1,36) = 23.31; p = 0.000; \eta_p^2=0.393)$)，靠近(175.68 ± 2.330 ms)的 P1 潜伏期长于远离(167.68 ± 1.776 ms)；在 PO8 的方向主效应显著($(F(1,36) = 27.54; p = 0.000; \eta_p^2=0.433)$)，靠近(178.58 ± 2.862 ms)的 P1 潜伏期长于远离(167.63 ± 1.896 ms)。

P2: 波幅在 Oz 的方向主效应显著($(F(1,36) = 81.15; p = 0.000; \eta_p^2=0.693)$)，靠近的 P2 波幅(-1.22 ± 0.630 μV)小于远离(3.01 ± 0.833 μV)。潜伏期在 Oz 的方向主效应显著($(F(1,36) = 13.83; p = 0.001; \eta_p^2=0.278)$)，靠近的潜伏期(242.00 ± 3.523 ms)长于远离(230.00 ± 2.451 ms)。

P300: 波幅在 Pz 的方向主效应显著($(F(1,36) = 4.40; p = 0.043; \eta_p^2=0.109)$)，靠近的波幅(3.95 ± 0.473 μV)小于远离(4.49 ± 0.475 μV)；潜伏期在 CPz 的方向主效应显著($(F(1,36) = 5.06; p = 0.031; \eta_p^2=0.123)$)，靠近的潜伏期(438.05 ± 11.715 ms)长于远离(417.00 ± 10.558 ms)。

靶刺激:

P1: 波幅在 PO7 方向主效应显著, 靠近的 P1 波幅小于远离。潜伏期在 PO7 深度运动方向和组别的交互效应显著, 新手组在球体靠近时 P1 的潜伏期比球体远离长, 专家组无显著差异。PO8 方向主效应显著, 靠近的 P1 潜伏期长于远离。

N180: 波幅在 PO8 方向主效应显著, 靠近的 N180 波幅小于远离。潜伏期在 PO7 方向主效应显著, 靠近的潜伏期长于远离; PO8 方向主效应显著, 靠近的潜伏期长于远离。

P2: 波幅在 Oz 的方向主效应显著, 靠近的 P2 波幅小于远离; 运动模式主效应显著, 旋转波幅大于不旋转。潜伏期在 Oz 的方向主效应显著, 靠近的潜伏期长于远离; 运动模式和运动方向的交互效应显著, 在球体靠近时, 旋转 P2 的潜伏期比不旋转, 而在球体远离时, 两者无显著差异; 深度运动方向和组别的交互效应显著, 专家组在球体靠近时 P2 的潜伏期比球体远离长, 新手组无显著差异。

P300: 波幅的统计结果显示, Pz 运动模式主效应显著, 旋转的波幅大于不旋转; 方向主效应显著, 靠近的波幅小于远离; 运动模式和运动方向的交互效应显著, 在球体不旋转时, 靠近与远离的 P300 波幅无显著差异, 而在球体旋转时, 靠近的波幅比远离小。CPz 运动模式主效应显著, 旋转的波幅大于不旋转; 运动模式和运动方向的交互效应显著, 在球体不旋转时, 靠近与远离的 P300 波幅无显著差异, 而在球体旋转时, 靠近的波幅比远离小。

针对审稿人提出的“ERP 数据很难和行为数据有所呼应”的问题, 我们认为本研究的行為结果和 ERP 结果虽然没有验证研究假设包含的所有内容, 但都没有出现与研究假设相悖的情况 (即新手组在反应时、正确率、各 ERP 成分的潜伏期等未出现优于专家组的结果)。行為数据与 ERP 数据可以结合起来, 用于说明专家效应具体体现在深度运动知觉的哪个环节, 从而解决研究问题。

外审审稿人 2 意见:

意见 1: 结果部分: 从图二右图可以看出, 数据可能不满足正态分布, 这样的话, ANOVA 的结果应该要做校正。当然, 可能校正也可能不会更改本论文的主要结果结论。

回应: 实验任务是考察一般深度运动知觉, 因此在同一实验任务中, 会出现非运动员被试的成绩呈现正态分布, 而运动员由于准确性普遍较高, 单个条件下某些运动员被试甚至达到准确率 100%, 可能出现天花板效应的现象, 因此难以对专家在单个实验条件下的正确率进行正态校正。

原稿件图二右图所分别对应的是新手组和专家组在 2 (靠近, 远离) × 2 (旋转, 不旋转) 共 4 个实验条件下的正确率数据。如果不考虑 3 个自变量的交互效应, 而只是考虑主效应和两个变量分别交互的话, 数据是符合正态分布的。分别对新手组和专家组在方向、运动模式两个因素主效应和组间效应涉及的数据进行 Shapiro-Wilk (即 W 检验) 检验, 结果如表 1 所示。从表的显著性数据 (sig.) 可以看出, 检验均没有达到 0.05 的显著性水平, 说明相对应的数据符合正态分布。因此文中未做改动。

表1 主效应和两因素交互（组间和组内）涉及数据的正态性检验

组别	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	统计量	df	Sig.	统计量	df	Sig.	
不旋转平均	新手组	.109	19	.200 [*]	.938	19	.239
	专家组	.126	19	.200 [*]	.952	19	.430
旋转平均	新手组	.159	19	.200 [*]	.910	19	.075
	专家组	.133	19	.200 [*]	.939	19	.250
靠近平均	新手组	.172	19	.143	.931	19	.178
	专家组	.133	19	.200 [*]	.921	19	.118
远离平均	新手组	.158	19	.200 [*]	.931	19	.178
	专家组	.124	19	.200 [*]	.943	19	.303
所有条件平均	新手组	.131	19	.200 [*]	.943	19	.302
	专家组	.114	19	.200 [*]	.952	19	.425

意见 2：讨论中间：

“行为结果也说明专家在速度与准确均衡的优势，但是这种优势既有可能是知觉过程中运动能快速投入更多认知资源，也有可能是大脑对视觉-动作调控的协调性更好。”

“从脑电数据结果来看，专长的影响主要与其独特的注意调用以及深度运动知觉相关的模式识别有关，也有可能体现在深度运动知觉后的视觉-动作协调。”

“球类运动专长对深度运动知觉的影响更多体现在判断的准确率上，主要与其独特的注意调用以及深度运动知觉相关的模式识别有关，也有可能体现在深度运动知觉后的视觉-动作协调。”

本研究的行为结果和脑电结果都是针对深度运动知觉的判断，而没有测量视觉-运动协调。所以，上文中的提到的专家优势，在注意调用和模式识别方面是有本研究的数据的间接支持，但是视觉-运动协调并没有任何数据支持。必须把“数据“和”纯猜测“分离开来，而不是混在一起说

回应：审稿专家的建议很好，因此我们对文章中有关视觉-运动协调的推测进行删除，涉及改动的句子已用橙色字体标出。

第三轮

外审审稿人意见：图中的一些文字和符号字体太小，建议修改清楚。

编委复审意见：图中的一些文字和符号字体太小，请修改。

回应：针对外审专家和编委的意见，作者对稿件中图 3 和图 4 的文字和符号字体进行修改，并将所有图片按照合适的比例附在正文中（如需原图，可与作者联系）。