

## 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：身体意象可塑吗？——同步性和距离参照系对身体拥有感的影响

作者：张静，陈巍

### 第一轮

**审稿人 1 意见：**本文探讨了虚拟手错觉中视触觉刺激同步性和距离参照系对身体拥有感的影响，文章有较大创新，实验设计比较严谨，研究有重要的理论贡献。但是本文存在以下问题：

**意见 1：**文章题目过长，且本文主要目的不是探讨身体意象是否存在，因此，文章题目是否可以改为“同步性和距离参照系对虚拟手错觉中身体拥有感的影响”？请斟酌。

**回应：**感谢审稿专家的问题与建议。本研究之所以建议保留题目中“身体意象”(body image)的位置，主要基于以下考虑：(1)本研究旨在检验“身体拥有感(sense of ownership)可以被可塑的、不稳定的身体意象所调节”这一核心假设以质疑该领域以往研究的观点。“同步性和距离参照系”均为实现身体意象可塑、不稳定的操作性指标，但却并非研究的最终目的。(2)鉴于当前认知科学领域内有关“拥有感”的讨论隶属于“身体意象”研究范畴，且当前国内研究尚较少涉及“拥有感”这一认知科学术语，为了系统呈现拥有感研究的“来龙去脉”，有必要引入身体意象范畴。不过，确如审稿专家指出的，本研究并未证实“身体意象是否存在”，且作为实证性研究报告(reports of empirical studies)应充分顾及“有一分证据说一分话”。

因此，我们部分采纳了审稿专家的意见，将标题修改为“身体意象可塑吗？——同步性和距离参照系对身体拥有感的影响”，以主标题形式呈现研究的最终目的，以副标题形式呈现研究的直接目的，应该可以既实现上述考虑，又避免题目的冗长。望审稿专家酌情考虑。

**意见 2：**本文考察的“虚拟手错觉”和其他研究者探讨的“橡胶手错觉”产生机制有何不同？针对二者开展的研究是否具有可比性？文中没有涉及这些问题，请在文章的前言和讨论部分予以说明。

**回应：**感谢审稿专家的问题与建议。传统橡胶手错觉通过同步的视觉和触觉刺激引发错觉体验，而虚拟手错觉则是通过控制虚拟手和被试真手的同步性运动来引发错觉体验，当虚拟手的运动和真手运动同步时，被试会报告感受到了一种强烈的对虚拟手的拥有感。前者是视触觉刺激的同步性必不可少，二者预期状态和实际状态反馈的一致性至关重要。尽管两者的产生机制不尽然完全相同，但是众多虚拟手错觉的研究表明，作为橡胶手错觉的变式，虚拟手错觉能够产生与橡胶手错觉类似的效果，且在同步性等变量等控制上更为精确。此外，基于两者所开展的研究也具有一定的可比性，这使得虚拟手错觉成为当前广受青睐的用以研究拥有感错觉体验的范式之一(Christ & Reiner, 2014; Ma & Hommel, 2013; Sanchez-Vives, Spanlang, Frisoli, Bergamasco, & Slater, 2010)。我们已根据专家建议在文章引言部分增加了对虚拟手错觉的介绍，对该错觉与橡胶手错觉之间的关系进行了详细的分析。

**意见 3：**中文摘要中提到“通过研究得到以下结果及结论……”是否应改为“研究结果发现”更好些？请斟酌。

**回应：**感谢审稿专家的意见。已对摘要中的相应内容进行了修改。

**意见 4:** 本研究两个实验的四种实验条件均只安排了一个实验序列, 即一个试次, 每个被试只完成单个试次的实验结果是否具有偶然性? 为什么没有考虑每个实验条件下安排多个试次? 请说明。

**回应:** 非常感谢审稿专家。我们发现不同实验条件对被试的影响产生后并不会马上消失, 有的研究中是通过在每一试次结束后放松约 30-45s 的时间(Kalckert, A., & Ehrsson, H. H. (2012). Moving a rubber hand that feels like your own: a dissociation of ownership and agency. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6:40)来消除之前产生的错觉。但是我们在预实验以及事后与被试的交谈中发现, 并非所有的影响都能通过放松得到消解。为了减少实验处理条件之间的相互干扰, 在被试人数许可的条件下我们采用了被试间设计。

**意见 5:** 实验 1 结果部分最后一段中对拥有感控制问题的分析过于简单, 为什么说“控制因素对于拥有感错觉的产生具有特异性?”请详细说明。

**回应:** 感谢审稿专家的建议, 拥有感控制问题是指与知觉到的拥有感有关的过程或现象, 且问题本身在表述上与拥有感问题类似, 但它们并不与拥有感体验直接相联系。控制问题在不同处理条件下的得分差异不显著说明问卷中所选用的拥有感问题是有效的, 即不同处理条件影响的只是被试的拥有感体验而非其它。我们已在“2.3 实验结果”部分增加了具体的说明并修正了原有不够清楚的表达。

**意见 6:** 综合讨论部分“4.3 相对位置对身体拥有感的影响”部分的讨论不够深刻, 对自由能量原理和本研究结果的内在联系以及为什么这种联合是概率性的没有论述清楚, 请修改。

**回应:** 非常感谢审稿专家的意见。自由能量原理(free-energy principle)又称最小震惊(surprise)原理, 主张生物自主体有一种尽可能保持状态稳定避免震惊的自然倾向, 自由能量总是趋向于这一目标, 从而迫使自主体或通过作用于环境改变输入, 或通过更新内部表征对输入信息的评估来减少并避免震惊的出现(Friston, 2010)。因此, 身体意象的表征作用和感官系统输入信息之间的联合便有赖于一个动态的评价过程, 即大脑会根据新的信息输入不断地进行评估, 即什么是最可能属于“我”的。为了保证以最优的方式处理问题, 大脑必须“学会”构建一个良好的稳定的模型来预测感官输入的结果(Apps & Tsakiris, 2014)。身体意象在我们的日常体验以及实验 1 的条件下中便发挥着类似的作用, 帮助我们快速判断一个对象是否属于我们身体的一部分。然而, 动态的评价过程意味着大脑会根据新的信息输入不断更新表征, 因此相应的自我表征便应该是可塑的, 身体意象也不可能一直以稳定不变的形式存在。相对位置的出现意味着环境信息的改变, 这一改变所引起的大脑重新评估便使得身体意象的影响也发生了一定程度的改变。我们已对该部分的讨论进行了重新梳理, 以更为通俗的方式论述了自由能量原理对于身体意象可塑性的解释。

**意见 7:** 结论部分第二段提到: “通过相对位置对身体拥有感的影响我们可以假设身体意象的存在并不是绝对的”, 这个结论缺乏依据, 在文章中没有见到针对这个论点的讨论; 同时, 整个文章对身体意象是否存在并没有展开深入讨论, 从本研究两个实验不能得出身体意象是否存在的结论。请针对这些问题修改相关内容。

**回应:** 非常感谢审稿专家的意见。一方面, 我们增加了对实验研究和身体意象之间的关系探讨, 另一方面, 我们也修改了诸如“通过相对位置对身体拥有感的影响我们可以假设身体意象的存在并不是绝对的”之类的说法, 改成了“相对位置对身体拥有感的影响与我们之前假设身体意象以一种稳定的内部表征的方式影响知觉体验的情形并不一致, 我们至少可以说外界一些因素会改变它在身体拥有感体验过程中的影响”之类的表述。

---

**审稿人 2 意见：**研究《我们真的存在身体意象吗？——虚拟手错觉中参照系对身体拥有感的影响》采用方位追踪仪、数据手套等前沿技术，通过两个实验，系统研究了产生虚拟手错觉的影响因素，实验一与前人的研究结果一致，发现视觉、触觉刺激同步是出现虚拟手错觉的关键因素，且在刺激同步条件下，真实手与虚拟手之间的距离近比距离远更容易产生虚拟手错觉；实验二改变了被试真实手和虚拟手之间的距离，发现二者距离先远后中比先近后中产生的虚拟手错觉更强，这是一个新颖的结果。但是，在全文的论述上，有待进一步提高：

**意见 1：**既然作者承认本研究无法检验身体意向是否存在（如第 13 页结论 2“但是对于身体意象是错觉、根本不存在身体意象这样的大胆假设，仍需要进行更多实验室实验证据与系统化的理论予以检验。”），那么在引言和陈述本研究目的时，最好不要写本研究的主要目的是探讨身体意象是否存在（如第 12 页综合讨论）。

**回应：**感谢审稿专家的意见。已根据建议对引言部分和研究目的陈述部分的相关内容进行了修改。“本研究通过 2 个实验，试图解决以下两个问题：(1)自上而下的身体意象与自下而上的刺激匹配何者对拥有感体验更重要？(2)知觉环境，即距离参照系是否会对同一位置对虚拟手拥有感体验产生影响，即相对位置的影响是否大于绝对位置的影响？最终通过这两个问题的研究来揭示虚拟手错觉中身体意象的可塑性。”

**意见 2：**引言的研究逻辑需详细陈述。在第 5 页引言的最后一段，“为了直接地比较自上而下的身体意象对拥有感的影响和自下而上的刺激匹配对拥有感的影响，我们以虚拟手错觉为研究手段，以空间一致性为切入点，在实验 1 中考察以同步性和绝对距离为自变量分别考察自上而下和自下而上的影响；在实验 2 中引入距离参照系，即相对距离，从而进一步探究身体意象是否可变及存在的问题。本研究通过 2 个实验，试图解决以下两个问题：(1)自上而下的身体意象与自下而上的刺激匹配何者对拥有感体验更重要？(2)距离参照系是否能超越身体意象对拥有感产生影响？并通过实验 1、2 为最终要探讨的身体意象是否可变乃至是否存在的问题提供一些实证的检验。”请详细说明，实验操作中，什么代表了“自上而下的身体意象”什么代表了“自下而上的刺激匹配”，不同的预期结果可以说明什么问题；以及什么叫做距离参照系“超越身体意向”，本研究是如何分离距离参照系和身体意向对橡胶手错觉的贡献的。

**回应：**感谢审稿专家的宝贵意见。实验中我们用虚拟手和真手之间的绝对位置作为自变量考察自上而下的身体意象的影响，以虚拟手和真手之间运动的同步性为衡量自下而上的刺激匹配的自变量。为了更好地说明实验目的并与身体意象之间建立更直接的联系，我们在引言部分增加了“综上所述，当前橡胶手等相关错觉研究的结果或者肯定了身体意象作为一种稳定的内部表征而在拥有感体验中所发挥的作用，或者发现影响拥有感体验的因素似乎并不是那么稳定，暗示着身体意象存在的可塑性。为了进一步检验后者的可能性，我们试图通过改变知觉体验的环境来加以研究。情境参照系的引入是其中的一种做法。”此外，我们还对实验 1、2 中涉及的自变量和拟解决的问题进行了重新表述“在实验 1 中考察以同步性和绝对距离为自变量分别考察自上而下的身体意象和自下而上的刺激匹配对拥有感体验的影响；在实验 2 中引入距离参照系，即相对距离，设置‘先近后远’和‘先远后近’两种条件探究其对拥有感体验的影响。本研究通过 2 个实验，试图解决以下两个问题：(1)自上而下的身体意象与自下而上的刺激匹配何者对拥有感体验更重要？(2)知觉环境，即距离参照系是否会对同一位置对虚拟手拥有感体验产生影响，即相对位置的影响是否大于绝对位置的影响？”

对于具体的实验操作中变量的操作性定义和预期结果，我们分别在实验 1、2 的“实验目的和假设部分”进行了修改。详见回应 3、4。

**意见 3:** 第 8 页 2.4 讨论“无论是自上而下的身体表征还是自下而上的同步刺激都会对最终的拥有感错觉产生决定性的影响。”但是在实验 1 的整个陈述中, 缺乏对“自上而下的身体表征”的操作性定义, 因此, 无法看出作者的实验是怎么得到“自上而下的身体表征……对最终的拥有感错觉产生决定性的影响”的。

**回应:** 感谢审稿专家的意见。我们在实验 1 的“目的和假设”部分增加了对于“自上而下”和“自下而上”的影响的操作性定义, 并对不同的预期结果进行了补充说明。“实验 1 在虚拟环境中, 模拟经典橡胶手错觉, 分别以虚拟手距离被试的绝对距离和真手和虚拟手之间的同步性为自变量, 考察其对拥有感错觉程度的影响。基于以往研究, 错觉的产生与否受真手和虚拟手之间相似程度(包括距离远近)以及两者运动同步性的影响(Ehrsson, 2012; Lloyd, 2007)。前者代表的影响被解释为自上而下的影响, 即对于“我的手应该是怎么样的”如, 不能位于解剖学上不可能的位置)被试有着较为稳定的内部表征, 当外间输入与之相匹配时, 更容易对虚拟手产生拥有感错觉体验, 反之更不容易; 而后者代表的影响则是自下而上的影响, 即输入反馈总是让虚拟手和被试的真手保持同步会让人更容易产生错觉, 反之更不容易。如果较之不同步的情况, 真假手之间的距离越近越能产生拥有感错觉, 说明自上而下的身体意象在影响知觉体验; 如果视觉-触觉刺激同步时, 拥有感错觉更强烈, 意味着自下而上的匹配同样不可或缺。”

**意见 4:** 第 9 页 3.1“如果身体意象并不是像自上而下理论解释的支持者认为的那样稳定, 那么它肯定会受某些因素的影响而发生改变。”以这个理由引出实验 2 的操纵显得实验 2 像是一个探索性的实验研究而不是一个理论驱动、有明确研究假设的实验。

**回应:** 感谢审稿专家的意见。已根据建议对引出实验 2 的内容表述进行了修改。“实验 1 不仅证实了绝对距离和同步性对拥有感错觉体验的影响, 同时也说明了我们的实验设置能够很好地重现经典橡胶手错觉并与其具有可比性。但正如我们在引言部分所述, 为了探索身体意象存在可塑的可能性, 实验 2 我们需要引入相对距离, 即研究不同知觉环境下的拥有感体验。实验 2 仍在与实验 1 相同的虚拟环境中以模拟经典橡胶手错觉的方式进行。但实验 2 中引入了以往研究不曾使用过的距离参照系作为变量, 考察同步性和距离参照系对拥有感错觉程度的影响。我们分别选择实验 1 中的两个位置作为近、远两个位置, 测定被试对位于这两个位置中点的虚拟手的拥有感。实验 1 中我们以绝对距离考察身体意象对拥有感体验自上而下的影响, 结果表明与正常身体意象越接近的条件越容易引发拥有感错觉。实验 2 中我们在不同的顺序条件下考察被试对相对位置虚拟手的拥有感体验。如果虚拟手“先出现在近处再出现在中点位置”与“先出现在远处再出现在中点位置”这两种条件下的拥有感体验不一样, 说明即便身体意象存在, 它在影响知觉体验的过程中的作用也是可塑的。”

**意见 5:** 第 11 页, 3.4 讨论“实验 2 中更有价值的发现是, 即便是对于同一个位置(中)上的虚拟手, 被试也会因为其呈现顺序的不同而产生不同程度乃至截然相反的拥有感体验。”从实验结果来看, 仅仅是拥有感程度的变化, 谈不上“截然相反”。

**回应:** 感谢审稿专家的意见, 已对原本不够精确的表达进行了修改。“即便是对于同一个位置(中)上的虚拟手, 被试也会因为其呈现顺序的不同而产生统计差异显著的不同程度的拥有感体验。”

**意见 6:** 实验 2 的结果, 是否可以解释为“自上而下的身体意象”的变化? 在先近后中条件, 因为被试首先在近距离条件下, 视觉-触觉输入与被试原有的身体意象更接近, 被试产生了更强、更稳定的错觉, 所以在后来的中等距离条件, 视觉-触觉输入与被试原有的身体意象差异增大, 导致被试在重新评估错觉时主观报告更低; 而在先远后中条件, 由于在远距离条

件下被试产生的错觉教弱，所以在后来的中等距离条件，视觉-触觉输入与被试原有的身体意象差异减小，导致被试在重新评估错觉时主观报告增强。

**回应：**感谢审稿专家的指点。我们同意专家的意见，当前所开展的研究所得到的结果并不能作为论证身体意象不存在的充分证据。但是，相对距离和绝对距离条件下身体意象对拥有感所产生的不同作用至少说明了其在影响知觉过程中的可塑性。对于实验 2 的结果，我们在综合讨论 4.3 部分所介绍的自由能量原理是当前比较成体系的，能够对一系列错觉现象进行解释的理论，审稿专家所给出的解释正是自由能量原理所阐释的一种动态的评估过程。但是对于具体的原因仅凭一个研究结果很难做出定论，故我们并没有在讨论部分进行具体的分析。我们会在今后的研究中更有针对性地对此可能性开展进一步的研究。鉴于之前我们对该部分的讨论不够深入与具体，现已对相关解释和讨论进行了修改。

**意见 7：**第 12 页总讨论 4.1“如实验 1 中同步性对拥有感的影响只在虚拟手离被试近的情况下差异才显著，但当虚拟手离被试很远的时候，同步性对拥有感的影响并无显著差异，即无论是否同步，被试对虚拟手的拥有感体验程度都很低。”但是，在实验 1 的结果部分，统计结果为“并且在虚拟手离被试很远的时候，同步性对拥有感的影响依旧显著， $F = 12.48, p = 0.001$ 。”，图 3 显示，即使在距离远的条件下，同步比不同步产生的虚拟手错觉更强。

**回应：**感谢审稿专家的指正，我们已对文中相应内容进行了修改。

**意见 8：**摘要“身体意象的存在并不绝对的，它依赖于距离参照系等外界影响因素”，本文研究的是橡胶手错觉，这是一个增加在个体身体意向之上的附加意向，所以通过研究身体意向的增加物受距离参照系等外界因素的影响来证明身体意向的存在受距离参照系等外界因素的影响，逻辑上似乎待商榷。

**回应：**感谢审稿专家的意见。摘要中的表述并不能被我们目前所开展的实验所得到的结果证实，我们已对这一说法进行了修改：“这一发现与身体拥有感是受稳定的身体意象调节的假设并不一致。”由于实验过程中被试并无法看到自己真实的手，并且我们通过数据手套使他们能在一定程度上控制虚拟手，我们试图引入的是被试真实右手的替代物而非附加物。在问卷中我们关注的也是被试在多大程度上认为看到的虚拟手是自己身体的一部分。我们以对外界对象是否属于自身身体一部分的这一判断程度为因变量，考察身体意象在其中所发挥的作用，如果身体意象是稳定不变的，那么不管条件如何变化其影响是一致的；但是如果身体意象在不同条件下的影响不同，说明至少在一定程度上，它是可塑的。

**其他小问题：**

**问题 1：**显著结果的 p 值的报告，请固定选择一种方式。要么报告具体 p 值，要么以小于某一统计标准（如.05、.01 等）的方式报告。如第 8 页，既有  $p < 0.001$ ，又有  $p = 0.030$ 。

**回应：**感谢审稿专家的仔细与严谨。已对文中所有 p 值的报告方式进行了修改与统一。

**问题 2：**图的标题中请说明误差线采用的数据类型（标准差、标准误、或其他）。

**回应：**感谢审稿专家的建议，已在标题中说明误差类型为“标准误”。

---

## 第二轮

**审稿人 1 意见：**本文修改后消除了许多问题和不足，文章的可读性和学术水平都有了较大提高。但是本文仍然存在一些问题：

**意见 1:** 修改后的题目仍不理想，作者在引言中明确提出关于身体意象可塑性问题，但在讨论中没有就身体意象可塑性问题展开讨论。可见，身体意象可塑性并不是本文探讨的中心问题。请再斟酌。

**回应:** 感谢审稿专家的问题与建议。我们在综合讨论开始部分增加了对身体意象问题的讨论。“作为一种能够让正常被试对非自己身体的一部分产生拥有感的实验范式，橡胶手/虚拟手错觉使得我们对身体意象、自我表征和拥有感等问题行实证的检验成为可能。经典橡胶手/虚拟手错觉研究发现的空间一致性和特征一致性等影响错觉产生与否的制约因素被认为是稳定的预先存在的身体意象在自我表征过程中发挥作用的证据。然而，随着越来越多的研究揭示出在某些条件下，不仅位于解剖学上不可能位置的橡胶手会被感受为自己身体的一部分，甚至虚拟的气球、木块甚至不存在任何物体的空间等也能被感受为自己身体的一部分，身体意象作为一种稳定不变的存在开始受到质疑。”在讨论部分我们进一步补充了大量有关身体意象的讨论，这强化了我们为什么希望在正文及标题中保留身体意象位置的理由。

**意见 2:** 本研究属于具身认知的研究领域，但却没有深入讨论本研究对于具身认知研究的理论和应用价值，这使得本文的理论深度稍显不够。

**回应:** 感谢审稿专家的建议。我们之所以没有将本研究过多地与具身认知发生联系是基于如下考虑：(1)根据我们对于该领域的关注与把握，有关身体意象(body image)和身体拥有感(sense of body ownership)的实验心理学研究一般较少直接借助具身认知(embodied cognition)的语境与解释框架。这或许是因为上述主题在认知科学中有着独立的地位与研究脉络。例如，与错觉(illusion)的密切联系。当前，只有少量偏重认知科学哲学的文献对上述主题在具身认知中的意义进行过论述。我们已经在引言中择其关键论点进行了引用。(2)作为一篇实证性研究报告(reports of empirical studies)，本研究更关注相关领域的实体理论(Substantive theory)(身体意象与身体拥有感的相关理论)，而不是元理论(Meta theory)(处于高位的具身认知理论框架)。当然，对身体意象与身体拥有感相关理论的实验检验有助于深化与丰富具身认知框架，但这并非本研究的主要目的。望审稿专家酌情考察。

**意见 3:** 讨论部分“4.3 相对位置对身体拥有感的影响”这一部分并没有针对距离参照系的作用展开深入讨论，其中关于自由能量原理的内容似乎与本部分主题有所偏离，而且这些内容比较晦涩难懂，请作者认真修改本部分。

**回应:** 感谢审稿专家的意见。我们对“4.3 相对位置对身体拥有感的影响”部分内容进行了较大幅度的调整。“距离参照系的引入改变了我们体验身体拥有感的环境，尽管两种条件下都是对中间位置的虚拟手的拥有感进行判断，但是在先近后中的条件下，较之先前位于近处的虚拟手，中间位置的虚拟手远离了被试，以近处的身体意象为标准，中间位置的虚拟手变得更不像自己的手；而在先远后中的条件下，较之先前位于远处的虚拟手，中间位置的虚拟手靠近了被试，以远处的身体意象为标准，中间位置的虚拟手会变得更像自己的手。当然这里我们预设了一个前提，身体意象在一定范围内是可变的。因为如果我们只存在一种并且是稳定的身体意象，总是以一种自上而下的方式影响自我表征，那么无论呈现虚拟手的环境信息如何变化，对于同一个位置的虚拟手被试的拥有感体验应该都是一致的。”上述解释阐明了我们通过实验 2 来论证身体意象可塑的合理性。

针对自由能量原理，我们进一步对其核心观点进行了解释，并说明了该解释与实验 1、实验 2 结论之间的关系，以确保该部分与研究主题之间的紧密联系。详见正文相应部分。

**意见 4:** 本文对虚拟手错觉中自上而下加工和自下而上加工相互作用的机制论述得不够深

刻，没有很好地揭示虚拟手错觉的产生机制，请作者补充这部分内容。

**回应：**感谢审稿专家的意见。虚拟手错觉作为橡胶手错觉的变式，其产生机制与橡胶手错觉有着异曲同工之处。时间一致性、空间一致性以及特征一致性是当前实证研究所揭示出的两类错觉的共同影响因素。其背后的机制便被相应地归类为自下而上的加工和自上而下的加工，我们在文中增加了简单的说明：“具体而言，时间一致性所代表的是自下而上(bottom-up)的加工机制对身体拥有感的影响，而空间一致性和特征一致性则表明了自上而下(top-down)的加工机制的影响(张静, 李恒威, 2015)”。对于虚拟手错觉产生机制，我们并没有开展深入的探讨，一来是因为这并不是本文的主要研究目的；二来已有论文对此问题进行了详细的介绍与论述，我们已对相关研究予以引用(张静, 李恒威. (2015). 自我表征的可塑性: 基于橡胶手错觉的研究. 心理科学, 已录用)。此外，在上一轮的修改中我们根据专家的问题与建议，在文中前言部分增加了对橡胶手错觉和虚拟手错觉关系的介绍和说明。

**意见 5：**本文还存在一些小问题，如“2.2.3 实验设计与程序”和“3.2.3 实验设计与程序”两部分第二段“实验正式开始之前主试为被试的右上戴上数据手套与方位追踪仪。。。”其中的“右上”应该改为“右手”。请作者认真校对全文。

**回应：**感谢审稿专家的建议，我们再次反复通读了全文，对文中包括专家指出的输入错误、错别字与语病进行了逐一修改。

**审稿人 2 意见：**

**意见 1：**SPSS 给出 p 值为 0.000，并不意味着  $p = 0.000$ ，建议写为  $p < 0.001$ 。

**回应：**感谢审稿专家的意见。已根据建议对文中所有对应 p 值进行了修改。另，之所以没有全部采用 p 值小于某一统计标准是沿用了当前国际期刊的惯用报告方式，当 SPSS 给出的 p 值为 0.000 时，报告为  $p < 0.001$ ，当 SPSS 给出具体 p 值，如  $p = 0.003$  时，报告具体 p 值。

---

### 第三轮

**编委复审意见：**作者在心理科学杂志刚刚发表一篇题目非常类似的论文(张静, 李恒威. (2015). 自我表征的可塑性: 基于橡胶手错觉的研究. 心理科学, 已录用.)，因此希望作者在文中说明这两篇论文的异同。如果可能的话，还请作者将另一篇论文的全文一起发来比较好。

**回应：**我们录用在《心理科学》上的论文《自我表征的可塑性: 基于橡胶手错觉的研究》与本研究同属于作者研究计划的重要组成部分。不过，这两篇论文并不存在自我重复等问题，两者之间是相互支撑的关系。

首先，从论文类型来看，录用于《心理科学》上的一文是一篇综述，而本研究是一项实验报告。前者对橡胶手错觉、虚拟手错觉、拥有感等核心概念进行了系统介绍，并提出了自我表征具有可塑性的观点。这为本研究提供了理论基础与前期积累。本研究报告正是在这一大的研究领域与背景下开展的。不过，虽然本实验报告中也必然牵涉相关概念，但我们已经尽量考虑到文章结构、语境与写作目的，对其重新做了论述(并没有直接截取上述综述中的表述)。这一点望酌情核实。

其次，从论文选题来看，前者主要集中在自我表征和自我识别(self-representation)和自我识别(self-recognition)上，主要综述了基于橡胶手错觉范式探讨上述主题的途径与意义。作为综述，其涉猎的范围更为宽泛。然而，虽然在自我识别与表征等问题的探讨中，研究者大多默认身体意象(body image)的存在，但近年来随着一系列橡胶手错觉研究的开展，身体意

象本身是否具有稳定、不变的特征正在遭遇质疑。因此，作为一篇实验报告，本研究选择了身体意象作为问题域，通过检验同步性和距离参照系等变量对身体拥有感的影响，从而论证了身体意象的可塑性。这项工作也是对《心理科学》上那篇综述研究的深化与具体化。

为了更好地说明两者之间的异同，特将在《心理科学》录用的论文《自我表征的可塑性：基于橡胶手错觉的研究》单独上传至“修改说明”中，供参考。望编委老师核实。

---

#### 第四轮

**主编终审意见：**作者采用严谨的实验设计，先进的技术手段，合理的统计方法，考察了同步性和距离对拥有感的影响，并利用相对距离说明了身体意象的可塑性，结果具有一定的创新性。但仍需要在以下几个方面修改完善。

**主编终审问题 1：**整篇文章没有对本研究的理论意义及实践意义进行阐述，建议作者可在讨论的最后部分补上，突出研究的贡献。

**回应：**非常感谢主编的建议。为了更好地突出本研究的理论与实际意义，我们做了如下修改。(1)重新调整引言部分，将自由能量原则的内容部分前移并补充了相关的最新研究进展，作为整合自下而上的时间一致性加工与自上而下的空间与特征一致性加工的理论基础。夯实了探讨身体意象可塑性在相关研究领域内的理论框架。(2)在综合讨论部分增加了“4.4 研究的理论与实践意义”部分。首先，将本研究的意义延伸到更为宏观的具身认知运动以及对自由能量原则的检验与深化上。其次，通过查阅相关领域的新文献，深入分析了本研究的临床应用价值。本研究的结论可以部分解释神经性厌食症(anorexia nervosa)或神经性暴食症(bulimia nervosa)等自我具身性障碍(disorders of self-embodiment)类精神疾病的发病机制。在此基础上，提出可以尝试将对虚拟手错觉产生的拥有感的易感性作为罹患神经性厌食症或暴食症等饮食障碍的一项临床诊断指标。上述修改将大大深化文章的理论深度，并丰富其实践启示。

**主编终审问题 2：**前言部分“后天截肢病人对幻肢上产生的触觉与痛觉的临床报告对成人身体意象的稳定性提出了质疑(Ramachandran, Rogers-Ramachandran, & Cobb, 1995)”似乎有些问题。截肢病人正是因为身体意象的稳定性（对自己原来的身体具有稳定表征）才会体验到幻肢上产生的触觉和痛觉，相反，对幻肢的治疗（使大脑修正原来的意象，意识到幻肢并不存在）说明的才是身体意象的可塑性，还望作者斟酌确认。

**回应：**感谢主编帮助我们避免了一个明显的逻辑问题。来自后天截肢病人对幻肢上产生的触觉(包括痛觉与痒觉等)的临床报告的确只是加强了关于成人身体意象稳定性的论证。为了确保行文逻辑通畅，我们将质疑身体意象稳定性的研究转向“后天截肢病人在接受诸如运动想象(motor imagery)、镜像视觉反馈训练(mirror visual feedback treatment, MVFT)等学习与训练后，幻肢体验能够被纠正，随附的痛觉体验会得到缓解”。

**主编终审问题 3：**作者虽然在实验范式部分提到了“虚拟手”的方法，并将其与传统的“橡胶手错觉”做了比较，但在后文引述前人的实验结果时，引述的都是使用“橡胶手”发现的现象，前人是否使用“虚拟手”发现过类似的结果？如果有，可以加以引用。如果没有，可将“虚拟手”方法的介绍放在前言的最后部分，这样既增加了前言与方法部分的连贯性，又可突出本研究的创新性。

**回应：**感谢主编的宝贵建议。目前已有利用“虚拟手”范式对身体拥有感进行过研究，如“Ma 和 Hommel(2015)基于虚拟手错觉范式的研究也表明，被试会对虚拟气球和木块产生拥有



感”。但是，使用该范式的研究在数量上不如使用橡胶手错觉范式的研究。这是由于实现虚拟手的技术是在近年来“虚拟现实”(virtual reality, VR)技术兴起背景下产生的，因此直接使用虚拟手错觉范式的研究并不多见。不过，近期使用头戴显示器(head mounted displays, HMDs)等虚拟现实技术来探索全身错觉(full-body illusion)、识脸错觉(enfacement illusion)等的研究已经日趋成熟(Guterstam, Abdulkaraim & Ehrsson, 2015; Maister, Slater, Sanchez-Vives, & Tsakiris, 2015)。遵照主编的建议，已在行文中加以说明哪些发现是基于虚拟手的，并将文中介绍“虚拟手”方法的内容在呈现顺序上进行了调整，移至前言的最后部分以增加前言与方法部分的连贯性。

**主编终审问题 4：**前言部分介绍时间、空间、特征一致性对拥有感的影响时，提到了时间一致性属于自下而上的加工，而空间和特征的一致性属于自上而下的加工，对此作者可以解释得更详细一些，比如，可以把在实验 1 的目的与假设部分介绍同步性和距离影响拥有感的加工过程放在前言部分，从而使读者能更好地理解时间、空间和特征一致性对拥有感产生影响时所遵循的不同加工路径。

**回应：**感谢主编的提醒。已将实验 1 目的与假设部分对同步性和距离影响拥有感的加工过程部分的内容调整至前言部分。

**主编终审问题 5：**前言的最后一部分提出实验 1 和 2 的研究目的和欲解决的问题时，对 2 个实验之间的逻辑关系需要更突出。为什么要研究实验 1，是因为前人没有利用“虚拟手”考察过时间和空间一致性对拥有感的影响吗？还只是想借实验 1 证明由空间一致性所反映的身体意象对拥有感会产生影响？实验 2 为什么要引入相对距离，是因为想借空间一致性对拥有感影响的可变性，来证实身体意象是可变的吗？作者需要对这一部分的逻辑再加以整理，更明确地阐述实验 1 和 2 内在的逻辑关系。

**回应：**感谢主编的宝贵意见。我们已在文中对之所以开展实验 1、2 的原因进行了说明，并对两者之间的逻辑关系进行了一些梳理。之所以安排实验 1 是因为，尽管以往橡胶手错觉研究中已有对同步性和距离因素的影响进行探讨的研究，但是基于大量橡胶手错觉研究结果表明不同实验设置条件下可能出现的结果偏差。因此，有必要在我们的虚拟手设置中对同步性和距离的影响进行检验，同时也为实验 2 中参照系的影响提供一个可供比较的水平。引入实验 2 是由于，基于以往的相关研究我们发现，尽管大部分情况下拥有感错觉程度都会随着真假手之间的绝对距离的增加而减少，即受绝对距离的影响，但是也存在一些例外(Armel & Ramachandran, 2003; Zopf, Savage & Williams, 2010)。一方面，实验设置的不同版本可能会导致一些偏差；另一方面，这些发现也说明可能还存在空间相对参照系的影响。

**主编终审问题 6：**实验一讨论的最后部分，“因此本研究可以设想，个体用以表征身体意象的自变量距离有可能会受其它因素的影响而使得其对拥有感的影响发生变化”，这句话需要斟酌。因为实验 1 的结果只是表明距离对拥有感的影响不如同步性强，但并无证据暗示距离可能受其他因素的影响，作者可能需要修改此处的说法，更自然地在实验 1 和 2 之间进行过渡。

**回应：**感谢主编的意见。已将原有的表达改为“这一结果和已有的基于橡胶手错觉的研究结果一致(Kalckert & Ehrsson, 2014)，同时也符合 Tsakiris 所提出的理论解释，即。拥有感觉觉的其中一个评判标准就是作为当前感官输入和身体相关的相对参照系之间进行比较的结果而出现的(Tsakiris, 2010)。”以便更好地衔接实验 1 和实验 2。

**主编终审问题 7：**文章的讨论部分不够深入，能够突破研究所发现的结果，对其所反映的含

义或机制加以思考的只有对“自由能量原理 (free-energy principle)”的引入和表述，但在引述“自由能量原理”的观点时，可与研究的结果做更紧密地结合，而不仅仅是在文章的最后部分匆匆提出并戛然而止。对于实验 1 中 2 个结果的讨论还可以更深入，而不需要花大量地篇幅对结果进行重复。

**回应：**感谢主编指出这个重要问题。遵从主编建议，我们通过如下方面的修改来改变讨论中存在的问题。(1)重新调整引言部分。将自由能量原则的内容部分前移并补充了相关的最新研究进展，作为整合自下而上的时间一致性加工与自上而下的空间与特征一致性加工的理论基础。这样的调整可以避免在讨论部分引入自由能量原则显得突兀。(2)在讨论部分加强自由能量原则与本研究结论之间的紧密度。

#### 小问题

**问题 1：**已有审稿人提出需要将显著性“ $p = 0.000$ ”进行修正，改为“ $p < 0.001$ ”，但作者并未按照回复给审稿人的说法进行修改，希望作者能够注意。

**回应：**感谢主编的提醒。已对文中所有  $p$  值的不精确表示方式进行了修改。

**问题 2：**文中的图最好将显著性水平用“\*”标出，可使读者一目了然地看到存在统计学差异的部分。

**回应：**感谢主编的提醒。已在图中用\*对显著性水平进行了标识。