

基于运动想象与动作观察的动作模拟研究报告指南解读

王鹤玮¹, 陈栎屹², 董安琴³, 郭晓莉⁴, 吴娱倩⁵, 曹叶凡¹, 贾杰¹, 孙莉敏¹

1. 复旦大学附属华山医院康复医学科, 上海 200040; 2. 英国利兹大学生物科学院, 利兹 LS2 8JP, 英国; 3. 郑州大学第五附属医院康复医学科, 河南郑州 450052; 4. 上海交通大学生物医学工程学院, 上海 200240; 5. 首都医科大学附属北京天坛医院康复医学科, 北京 100050

【关键词】动作模拟; 运动想象; 动作观察; 镜像神经元; 康复

中图分类号: R49 文献标识码: A 文章编号: 1008-1070 (2024) 08-0847-05

doi:10.3969/j.issn.1008-1070.2024.08.011

运动想象是指在内心反复地模拟、排演动作, 不伴有外在的肢体动作^[1]。动作观察是指通过观看视频或真实的演示来观察其他个体执行动作任务, 其理论基础为镜像神经元理论^[2]。运动想象、动作观察以及动作观察联合运动想象均属于动作模拟的范畴, 近年来, 动作模拟的研究涉及多个学科, 而多个学科的综合运用又进一步推动了动作模拟研究的蓬勃发展, 使其广泛应用于神经科学的基础研究^[3-4]、体育竞技^[5-6]、技能习得^[7-8]等领域, 并在康复医学领域得到了临床转化, 成为脑机接口^[9]、神经反馈训练^[10]等康复前沿技术的重要基础。

自 2001 年起, 许多学者逐渐提出了多种动作模拟研究试验的相关设计框架^[6, 11-12], 然而, 这些框架的内容细节存在显著差异, 这阻碍了动作模拟研究成果的评价、复制及转化。因此, 《动作模拟研究报告指南 (GRASS): 改进运动想象和动作观察研究报告的提议》^[13] (以下简称 GRASS 指南) 提出了一套标准化的报告方案, 旨在统一运动想象、动作观察研究报告的相关内容细节, 确保每项研究的关键细节都得到规范化记录, 同时可显著提升研究结果的可靠性与可重复性。基于此, 本指南解读围绕 GRASS 指南中动作模拟的相关专业术语、运动想象和动作观察的内容细节进行系统梳理与解读, 从而有助于提高运动想象和动作观察的文献报告质量以及相关研究领域的规范化发展与创新。

1 现阶段动作模拟相关文献报告存在的问题

1.1 专业术语不规范

准确、专业的专业术语能保证读者对学术报告内容的理解与原作者保持一致。然而, 在过去的运动想象和动作观察的学术论文中, 经常出现术语混淆使用, 如“motor imagery”“mental practice”“action imagery”“mental imagery”这些术语均被用来指代“运动想象”。从内容角度分析, 上述英文术语的描述也存在关键细节的缺失, 因为运动想象的形式是多样的, 可以为视觉想象, 其主要强调运动想象的画面, 也可以为动觉想象, 其主要强调运动想象过程中伴随着的躯体感觉。

此外, 运动想象的视角也是关键要素, 不同视角对应着完全不同的范式内容, 目前运动想象的视角可分为第一人称视角或第三人称视角, 也有研究采用内在视角或外在视角来进行表述, 且各个视角的观察位置与距离亦均需要明确。

与运动想象类似, 在动作观察研究领域的相关文献中也存在术语混淆使用、观察视角未说明或描述不够详尽等问题。因此, 为了明确和统一相关术语, GRASS 指南制订了动作模拟的相关术语注释表, 本指南解读在此基础上增加了中英对照, 见表 1。需要注意的是, 在应用过程中不一定要完全套用该表, 但需要尽可能提供更多的内容细节, 以确保传递准确的任务范式信息。

基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (82102665); 上海市青年科技英才扬帆计划 (21YF1404600); 国家自然科学基金面上项目 (81974356); 上海市科委自然科学基金面上项目 (23ZR1408500); 上海市卫生健康系统重点扶持学科建设项目 (2023ZDFC0304)

通信作者: 孙莉敏, E-mail:tracy611@sina.com

表 1 动作模拟相关术语

英文术语	中文术语	定义
action simulation	动作模拟	内部表征的运动行为，不伴有外在的肢体动作，融合了一系列互相交叠的神经机制，主要包括运动想象、动作观察以及动作观察联合运动想象
motor imagery/ action imagery	运动想象	动作在内心反复地模拟、排演，不伴有外在的肢体动作，过程中可能涉及该动作的多感官模拟，主要包括视觉想象和 / 或动觉想象
action observation	动作观察	观察某个动作的执行
AOMI/AO+MI	动作观察联合运动想象	在观察某个动作的同时，想象执行该动作所伴随的感受，动作观察更强调视觉成分，运动想象更强调动觉成分
visual imagery	视觉想象	通常指在内心想象“看见”某个动作的执行
kinesthetic imagery/ kinaesthetic imagery/ somatomotor imagery	动觉想象	想象“感受”某个动作的过程，涵盖了运动过程中的本体感觉和触觉等躯体感觉要素
first person perspective/ internal perspective/ egocentric perspective	第一人称视角 / 内部视角 / 自我中心视角	在想象或观察动作时从执行者的视角进行观察
third person perspective/ external perspective/ allocentric perspective	第三人称视角 / 外部视角 / 他人中心视角	在想象或观察动作时从旁观者的视角进行观察

1.2 内容细节不够详尽

在动作模拟的相关文献中，任务细节的低报率是一个普遍存在的问题。已有文献报道，在使用运动想象的相关研究中，64% 的研究未描述采用何种视角进行运动想象^[14]。一项神经影像学的荟萃分析显示，约 66% 的运动想象研究和 20% 的动作观察研究均未有足够的文字或图片说明来准确地描述任务视角^[15]。任务视角的缺失并非无关紧要，多项研究均证实，不同视角下的运动想象或动作观察对应的脑活动存在显著差异^[16-17]。总体来说，细节缺失会影响动作模拟相关报告记录的准确性和可重复性。

2 动作模拟相关方法的优势与局限性

为改进动作模拟研究的报告质量和标准化程度，GRASS 指南针对运动想象、动作观察和动作观察联合运动想象专门设计了一套标准化的检查清单，该清单专注于动作模拟具体模式的细节描述，并总结了与动作模拟相关方法的优势与局限性。

2.1 运动想象

运动想象形式可主要分为动觉想象、视觉想象，运动想象视角主要分为第一人称视角、第三人称视角。运动想象相关内容的优势与局限性见表 2。

表 2 运动想象相关内容的优势与局限性

项目	优势	局限性
运动想象形式		
动觉想象	明显激活运动系统；有效促进运动学习；容易与动作观察结合	对某些个体难以执行，如神经系统疾病或想象障碍患者；难以客观测量
视觉想象	直观易懂	对某些个体难以执行，如神经系统疾病或想象障碍患者；难以客观测量；需要对视角和观察位置予以明确指示
运动想象视角		
第一人称视角	直观易懂；功能意义明显；容易与运动模仿结合	对某些个体难以执行，如神经系统疾病或想象障碍患者；对全身运动（如姿势控制任务）不适用
第三人称视角	容易与运动模仿结合；适用于全身运动（如姿势控制任务）	对某些个体难以执行，如神经系统疾病或想象障碍患者；需要对视角和观察位置予以明确指示

2.1.1 运动想象的形式 在进行运动想象的相关研究时，需要明确运动想象的形式，即应通过清晰的

提示语来指导受试者进行动觉想象、视觉想象或动觉想象联合视觉想象，因为不同的运动想象形式对

应着不同的行为学和神经生理学反应。为了提高运动想象的生动性和有效性，可以综合运用多种感官模拟，包括触觉、听觉、嗅觉和味觉等，可直接给予受试者提示，也可以通过反馈来询问受试者是否运用了多种感官想象。

2.1.2 运动想象的视角 在运动想象的试验设计中，需要通过详尽的描述先明确是第一人称视角还是第三人称视角，再进一步明确不同视角的观察位置，单纯使用文字“第三人称视角”有时难以准确地描述，因第三人称视角可有3种不同的观察位置，此时可以辅以示意图进行说明（图1）。

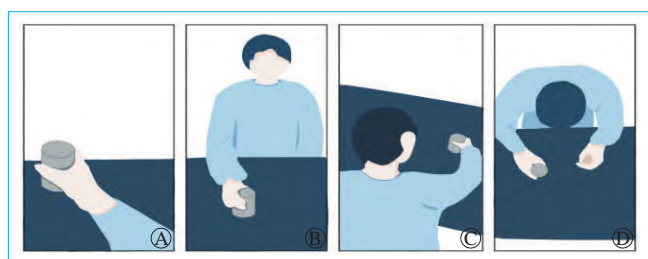


图1 动作模拟不同视角示意图 A. 第一人称视角的观察位置；B、C、D. 第三人称视角的3种观察位置。

2.1.3 运动想象能力的评定 不同个体之间的运动想象能力存在显著差异，这与运动想象时的大脑活动差异密切相关，这些差异是试验设计过程中的潜在混杂因素。已有研究证实，2%~5%的人群存在想象障碍^[18]。此外，部分人群虽然具备运动想象能力，但在时序和控制力方面存在困难^[19]。神经生理学相关研究提示，受试者自评的运动想象能力与其接受运动想象训练后的神经可塑性密切相关^[20]。

在实践中，通过运动想象能力评定可有效识别存在想象障碍的个体，并据此设置纳入标准和排除标准。目前，已有多种问卷，如运动觉-视觉想象问卷、运动想象能力问卷等被用于运动想象能力的评估中^[21]，然而这些问卷通常缺乏客观的分类标准，受个体主观影响较大。在未来的研究中，开发类似心理旋转测试的客观的运动想象能力评估工具显得尤为重要^[21-22]。

2.2 动作观察

动作观察呈现方式可主要分为实时动作观察、预录制动作观察，动作观察视角主要分为第一人称视角、第三人称视角。动作观察相关内容的优势与局限性见表3。

表3 动作观察相关内容的优势与局限性

项目	优势	局限性
动作观察呈现方式		
实时动作观察	生态效度高（如包括社会互动）；与预录制动作观察比较，可产生更强的神经反应	无法修改示范动作；与预录制动作观察比较，对动作示范者的要求更高
预录制动作观察	可对示范动作的内容、时间进行精准控制	与实时动作观察比较，生态效度较差，产生的神经反应较弱
动作观察视角		
第一人称视角	直观易懂；功能意义明显；容易与运动模仿结合	对全身运动（如姿势控制任务）较不适用
第三人称视角	容易与运动模仿结合；适用于全身运动（如姿势控制任务）	需要对视角和观察位置予以明确指示；可能与空间一致性发生冲突

2.2.1 动作观察的呈现方式 实时动作观察提供了独特的社会互动机会，增强了试验的生态效度^[23]，且可以诱发更强的神经反应^[24]。此外，实时演示的动作可以采用动作捕捉设备录制，不仅保留了动作信息，也为数据分析提供了资料。相较之下，预录制动作观察的优点在于可以对动作内容、时间进行更精准的控制，以适应各种试验需求，但生态效度较差。因此，撰写研究报告时应明确指出动作观察的呈现方式。

针对灵长类动物的相关研究发现，相同动作出现在受试者可以操作的空间内和空间外时，其对该动作的神经反应会有所不同^[25]。因此，撰写研究报

告时应进一步明确受试者与示范者的距离。

此外，随着虚拟现实、增强现实以及360度视频编码技术的发展，在研究过程中为受试者提供更具沉浸感的动作观察体验已逐渐成为可能。但与虚拟角色在三维空间中的互动是否能够产生与真实人类互动类似的效果有待进一步探讨。

2.2.2 动作观察的视角 与运动想象类似，动作观察也可以从多视角实现。此外，面对面为受试者示范动作时，若示范者运动左手，受试者观察并运用右手进行操作，则两者之间的空间一致性较高，这对儿童或康复相关研究尤为重要^[26]。

2.2.3 受试者的参与度及潜在混杂因素 动作观察

可以分为被动（单纯观察，无进一步的意图）和主动（模仿动作或回答关于观察内容的问题）两种模式。已有研究表明，在进行动作观察时，受试者的参与程度与皮质脊髓束及脑网络的兴奋性显著相关^[27]。此外，若无明确的指导语，受试者在进行动作观察的过程中可能会不自觉地进行运动想象，这可能会对结果产生一定影响。因此，研究报告应明确记录动作观察的主动或被动模式，并在试验后询问患者是否进行了运动想象，从而减少混杂因素的影响。

2.2.4 受试者与示范者的相似性 在动作观察研究中，受试者与示范者的相似性是一个关键且有争议的议题，涉及运动技能水平与人口学因素（性别、年龄等），两者的相似性越高，则可能产生的效应越强。已有研究表明，动作观察对毫无该动作经验的

新手来说作用有限^[28]。而对患者而言，观察运动水平相当的患者的动作可能比观察健康人群的动作更有效^[29]。因此，研究报告应该详细写明受试者与示范者的相似性。

2.2.5 动作观察与受试者反应的同步性 在动作观察的研究中，观察到的动作与受试者反应之间的同步性对运动学习和控制的影响尚未明确。虽有研究指出，在动作观察与受试者反应（执行动作）之间引入一定的时间延迟可能会提高对运动记忆的保留效果^[30]，但相关研究的结论尚不明确。据此，研究报告中推荐说明动作观察与受试者反应是否同步，若不同步，则建议写明延迟的时间。

2.3 动作观察联合运动想象

动作观察联合运动想象的优势与局限性见表 4。

表 4 动作观察联合运动想象的优势与局限性

方法	优势	局限性
同步动作观察联合运动想象	直观易懂；对视觉刺激有精确控制	需要更高的认知水平，因此对某些个体难以执行，如神经系统疾病患者；对某些个体难以执行运动想象，如神经系统疾病或运动想象障碍患者
异步动作观察联合运动想象	分别参考动作观察和运动想象	分别参考动作观察和运动想象

2.3.1 同步与异步 动作观察与运动想象的联合实施方式主要分为同步与异步，在 GRASS 指南中，重点讨论同步方式，有关异步方式的相关内容可以分别参考动作观察和运动想象。同步动作观察联合运动想象，即动作观察的同时进行运动想象，Vogt 等^[2]于 2013 年将该类方法明确定义为动作观察联合运动想象。因此，在文献报道中，需要明确指出所采用的是同步还是异步方法，如果是同步方法，建议使用动作观察联合运动想象专有术语。

2.3.2 动作观察联合运动想象的类型 既往动作观察联合运动想象研究多侧重于一致性动作观察联合运动想象，即动作观察与运动想象的内容一致。另外两种讨论较少的动作观察联合运动想象形式为协调性动作观察联合运动想象和冲突性动作观察联合运动想象。协调性动作观察联合运动想象指观察与想象的动作虽不同，但具有内在的逻辑联系，如观察舞伴舞蹈动作的同时想象自己的配合动作。冲突性动作观察联合运动想象是指观察与想象的动作无关联，如观察抓握动作而想象旋转物体。需要注意的是，一致性动作观察联合运动想象仅限于描述动作的内容一致，其观察视角与想象的感官模拟可以存在差异，如受试者可以在观察示范者执行动作的同时，通过第一人称视角进行运动想象。

2.3.3 视角与空间 动作观察联合运动想象中的运动想象大多采用第一人称视角，而动作观察采用的视角多样化，第一或第三人称视角各有优势。第一人称视角能够提供类似实际执行动作时的视觉感知，有助于诱发动觉想象；而第三人称视角的范围更为宽广，有助于受试者进行同步想象。动作观察联合运动想象的不同视角还涉及不同的空间关系，如以第三人称视角观看他人伸手抓握某个物体时，运动想象的对象可以是相同的物体，也可以是位于不同空间的类似物体。因此，GRASS 指南推荐在动作观察联合运动想象的研究报告中可进一步讨论相关的视角与对应空间。

2.3.4 想象指导语 动作观察联合运动想象的动作观察对象是较为明确的，而运动想象的实施则有赖于准确的指导语。通常来说，动作观察联合运动想象的运动想象内容强调同步形式的动觉想象，指导语则强调受试者想象运动过程中形成的各种感觉（如触觉、动觉等）^[12]。GRASS 指南建议在动作观察联合运动想象的研究报告中详细记录运动想象的指导语内容。

3 小结

既往研究表明，很多学者已经提出了多种动作模拟研究的试验设计框架^[5, 11-12, 31]，这些框架各具特色，

反映了不同学科的独特视角与方法论,如心理学的研究框架通常强调观察者的认知反应^[5,12];运动科学的框架则注重身体动作的精确控制^[11];一些研究框架则侧重于提供具体的指导方针和实践建议,以帮助运动心理学家开发并实施有效的动作观察联合运动想象干预措施,从而提升受试者的运动表现^[12]。这些跨学科的研究融合不仅推动了动作模拟研究的进步,也可加速其转化与应用。

但在许多科学研究中,相关试验关键细节的报告常存在不一致的现象,而这些细节正是全面评估研究结果、研究可重复性及转化的关键^[32-33]。迄今为止,关于如何精确、一致地报告动作模拟研究试验细节的纲领性文献仍较为缺乏^[34]。GRASS指南的出现为运动想象、动作观察领域的研究提供了一套标准化的报告指导方针。本文对GRASS指南内容进行了深入解读,包括相关专业术语,运动想象、动作观察以及动作观察联合运动想象的优势与局限性,以及具体研究背景下的相关内容细节。建议研究人员在未来的研究中可遵循GRASS指南的推荐内容,这将有助于促进相关领域的规范化发展。

参考文献:

- [1] JEANNEROD M. Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition[J]. *Neuroimage*, 2001, 14(1 Pt 2): S103-S109.
- [2] VOGT S, DI RIENZO F, COLLECT C, et al. Multiple roles of motor imagery during action observation[J]. *Front Hum Neurosci*, 2013, 7: 807.
- [3] 王鹤玮, 贾杰, 孙莉敏. 运动想象疗法在脑卒中患者上肢康复中的应用及其神经作用机制研究进展[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, 41(6): 473-476.
- [4] FADIGA L, FOGASSI L, PAVESI G, et al. Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study[J]. *J Neurophysiol*, 1995, 73(6): 2608-2611.
- [5] HOLMES P S, COLLINS D J. The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists[J]. *J Appl Sport Psychol*, 2001, 13(1): 60-83.
- [6] CUMMING J, EAVES D L. The nature, measurement, and development of imagery ability[J]. *Imagin Cogn Pers*, 2018, 37(4): 375-393.
- [7] FRANK C, LAND W M, POPP C, et al. Mental representation and mental practice: Experimental investigation on the functional links between motor memory and motor imagery[J]. *PloS One*, 2014, 9(4): e95175.
- [8] WILLIAMS A, GRIBBLE P L. Observed effector-independent motor learning by observing[J]. *J Neurophysiol*, 2012, 107(6): 1564-1570.
- [9] CHAUDHARY U, BIRBAUMER N, RAMOS-MURGUIALDAY A. Brain-computer interfaces for communication and rehabilitation[J]. *Nat Rev Neurol*, 2016, 12(9): 513-525.
- [10] LIEW S L, RANA M, CORNELSEN S, et al. Improving motor corticothalamic communication after stroke using real-time fMRI connectivity-based neurofeedback[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2016, 30(7): 671-675.
- [11] MORAN A, COLLET C, GUILLOT A, et al. The BASES expert statement on the use of mental imagery in sport, exercise and rehabilitation contexts[J]. *Sport Exerc Sci*, 2013, 38(Winter): 10-11.
- [12] WRIGHT D J, FRANK C, BRUTON A M. Recommendations for combining action observation and motor imagery interventions in sport[J]. *J Sport Psychol Action*, 2022, 13(3): 155-167.
- [13] MORENO-VERDÚ M, HAMOLINE G, VAN CAENEGEM E E, et al. Guidelines for Reporting Action Simulation Studies(GRASS): Proposals to improve reporting of research in motor imagery and action observation[J]. *Neuropsychologia*, 2024, 192: 108733.
- [14] VAN CAENEGEM E E, HAMOLINE G, WALTZING B M, et al. Consistent under-reporting of task details in motor imagery research[J]. *Neuropsychologia*, 2022, 177: 108425.
- [15] HARDWICK R M, CASPERS S, EICKHOFF S B, et al. Neural correlates of action: Comparing meta-analyses of imagery, observation, and execution[J]. *Neuroscience Biobehav Rev*, 2018, 94: 31-44.
- [16] STINEAR C M, BYBLOW W D, STEYVERS M, et al. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability[J]. *Exp Brain Res*, 2006, 168(1-2): 157-164.
- [17] SILVA S, BORGES L R, SANTIAGO L, et al. Motor imagery for gait rehabilitation after stroke[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2020, 9(9): CD013019.
- [18] DANCE C J, IPSER A, SIMNER J. The prevalence of aphantasia(imagery weakness) in the general population[J]. *Conscious Cogn*, 2022, 97: 103243.
- [19] KRAEUTNER S N, EPPLER S N, STRATAS A, et al. Generate, maintain, manipulate? Exploring the multidimensional nature of motor imagery[J]. *Psychol Sport Exerc*, 2020, 48: 101673.
- [20] YOXON E, BRILLINGER M, WELSH T N. Behavioural indexes of movement imagery ability are associated with the magnitude of corticospinal adaptation following movement imagery training[J]. *Brain Res*, 2022, 1777: 147764.
- [21] 王鹤玮, 王云龙, 陆小锋, 等. 心理旋转试验在脑卒中患者运动表象能力评估中的应用[J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(7): 813-819.
- [22] 王鹤玮, 贾杰. 心理旋转实验在脑卒中患者运动想象能力评估中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(10): 1260-1263.
- [23] READER A T, HOLMES N P. Examining ecological validity in social interaction: Problems of visual fidelity, gaze, and social potential[J]. *Cult Brain*, 2016, 4(2): 134-146.
- [24] PRINSEN J, ALAERTS K. Eye contact enhances interpersonal motor resonance: Comparing video stimuli to a live two-person action context[J]. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2019, 14(9): 967-976.
- [25] CASTIELLO U, ANSUINI C, BULGHERONI M, et al. Visuomotor priming effects in Parkinson's disease patients depend on the match between the observed and the executed action[J]. *Neuropsychologia*, 2009, 47(3): 835-842.
- [26] HOLMES P, CALMELS C. A neuroscientific review of imagery and observation use in sport[J]. *J Mot Behav*, 2008, 40(5): 433-445.
- [27] HARDWICK R M, MCALLISTER C J, HOLMES P S, et al. Transcranial magnetic stimulation reveals modulation of corticospinal excitability when observing actions with the intention to imitate[J]. *Eur J Neurosci*, 2012, 35(9): 1475-1480.
- [28] VANNUSCORPS G, CARAMAZZA A. Typical action perception and interpretation without motor simulation[J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2016, 113(1): 86-91.
- [29] ALSAMOUR M, GILLIAUX M, RENDERS A, et al. Does observation of a disabled child's action moderate action execution? Implication for the use of Action Observation Therapy for patient rehabilitation[J]. *Cortex*, 2018, 107: 102-109.
- [30] WEEKS D L, HALL A K, ANDERSON L P. A comparison of imitation strategies in observational learning of action patterns[J]. *J Motor Behav*, 1996, 28(4): 348-358.
- [31] STE-MARIE D M, LAW B, RYMAL A M, et al. Observation interventions for motor skill learning and performance: An applied model for the use of observation[J]. *Int Rev Sport Exerc Psychol*, 2012, 5(2): 145-176.
- [32] CHIPCHASE L, SCHABRUN S, COHEN L, et al. A checklist for assessing the methodological quality of studies using transcranial magnetic stimulation to study the motor system: An international consensus study[J]. *Clinical Neurophysiology*, 2012, 123(9): 1698-1704.
- [33] QUINTANA D S, ALVARES G A, HEATHERS J. Guidelines for Reporting Articles on Psychiatry and Heart rate variability(GRAPH): Recommendations to advance research communication[J]. *Transl Psychiatry*, 2016, 6(5): e803.
- [34] MORRIS T, SPITTLE M, WATT A P. *Imagery in sport*[M]. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2005.

(收稿日期: 2024-06-11)