

体感游戏训练对生物运动工作记忆容量的影响^{*}

王 慈^{**} 姜正丹^{**} 孙麟惠^{**} 杨 扬^{**} 邱芳芳 廖华宇^{***} 高在峰^{***}

(浙江大学心理与行为科学系, 杭州 310028)

摘 要 传递生物体运动信息的生物运动在工作记忆中有着独立于一般视觉客体的存储空间。尽管研究发现电子游戏训练可提高工作记忆(如一般视觉客体)容量,但尚未有研究探讨游戏训练对生物运动工作记忆容量的影响。本研究采用 Kinect 体感游戏训练,首次对该问题进行探讨。实验中控制组被试与实验组被试均先后做两次生物运动记忆实验,但实验组在第一次实验后进行为期 14 天的体感游戏训练。结果发现,尽管生物运动工作记忆绩效在后测时较前测有显著上升,但是游戏训练并未显著提高实验组的记忆绩效,说明生物运动工作记忆并不受体感交互游戏训练影响。

关键词 体感游戏 生物运动 工作记忆训练

中图分类号:B84 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-6020(2016)-03-0211-07

1 引 言

工作记忆(working memory)用于实时存储和操作有限的信息(Baddeley & Hitch, 1974; Eriksson, Vogel, Lansner, Bergstrom, & Nyberg, 2015)。尽管工作记忆仅能存储 3~4 个组块的信息,但它同我们的学习能力、智商、视觉搜索、任务解决等诸多高级认知加工过程密切相关(e. g., Alloway, Gathercole, & Elliott, 2010; Alloway, Gathercole, Willis, & Adams, 2004; Gathercole & Pickering, 2000; Logie, 2011),是当前认知

心理学的研究焦点之一(for reviews see Eriksson et al., 2015; Wolfe, 2014)。由于工作记忆如此重要,研究者就提高工作记忆容量的可能途径进行了大量探讨(see Oei & Patterson, 2014 for a review)。由于众多研究发现电子游戏可提高我们的认知加工能力,如提升个体的注意控制与执行功能水平(e. g., Cohen, Green, & Bavelier, 2007; Green & Bavelier, 2003, 2006b, 2007; Oei & Patterson, 2013; Wu & Spence, 2013; see Oei & Patterson, 2014 for a review),近年来研究者开始尝试采用电子游戏训练方式以提高个体工作记忆的容量。结果发现,动作类

* 基金项目:国家自然科学基金(31271089);浙江大学本科生探究性实验教学改革项目。

** 共同第一作者

*** 通信作者:廖华宇,男,浙江大学心理系研究生, e-mail: huayuliao@zju.edu.cn 或高在峰,男,浙江大学心理系教授。

电子游戏玩家较非玩家在工作记忆任务上更具优势(Blacker, Curby, Klobusicky, & Chein, 2014; Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008);电子游戏训练显著提高被试的工作记忆容量,且不受被试动机、期望等因素的影响(Blacker et al., 2014; Oei & Patterson, 2013; but see Boot et al., 2008)。以往工作记忆的游戏训练研究主要采用色块等简单静态物理刺激为实验材料,反映了游戏训练对一般视觉客体工作记忆的影响。目前,尚未有研究探讨游戏训练对生物运动(biological motion)工作记忆容量的影响。

最近研究者揭示,传递生物体运动信息的生物运动在工作记忆中有不同于一般视觉客体的存储机制。如生物运动在工作记忆中有着独立于一般视觉客体的存储空间(生物运动工作记忆;Gao, Ye, Shen, & Perry, 2015; Shen, Gao, Ding, Zhou, & Huang, 2014; Wood, 2007),其在工作记忆中的复述需镜像神经元(mirror neuron)参与(Gao, Bentin, & Shen, 2014; Lu et al., 2016),且工作记忆加工生物运动相关的绑定亦有别于一般视觉客体(Ding et al., 2015)。因此,以往有关游戏训练对一般视觉客体工作记忆影响的结论并不能直接推论至生物运动工作记忆。

此外,笔者认为探讨游戏训练对生物运动工作记忆的影响较一般客体工作记忆具有更为重要的意义。生物运动工作记忆对我们形成连贯的外部生物体运动表征具有重要作用(e.g. Gao et al., 2015),而研究揭示个体对生物运动加工的能力是衡量其社会认知水平的关键指标(Pavlova, 2012)。笔者最近的研究亦揭示,只有生物运动工作记忆的容量可预测个体共情(empathy)水平,而一般视觉客体工作记忆与共情水平间无相关(Gao et al., 2015)。因此,若游

戏训练可显著提升个体生物运动工作记忆的容量,这对社会认知能力受损的病人而言将极具应用价值。基于此,本研究拟探讨游戏训练对生物运动工作记忆的影响,以填补研究空白。

在以往的游戏训练研究中,研究者多采用基于鼠标-键盘的动作类电子游戏(如荣誉勋章,Green & Bavelier, 2003, 2006b;虚拟竞技场,Cohen et al., 2007; Green & Bavelier, 2006a)。随着技术的进步,以微软Xbox为代表的体感交互游戏已步入我们的生活,这类游戏基于Kinect等体感交互设备,允许用户使用自己的肢体动作与游戏角色交互,即个体通过完成某些生物运动与游戏进行交互。笔者认为,由于生物运动工作记忆与体感交互游戏均涉及生物运动信息,若游戏训练可影响生物运动工作记忆的容量,体感交互游戏的训练效果应最为有效。鉴于本研究为第一项探讨游戏训练对生物运动工作记忆容量影响的研究,笔者拟采用基于Kinect的体感游戏进行探讨。同时,借鉴以往的游戏训练时间(训练10~30小时,see Oei & Patterson, 2014 for a review),本研究要求被试进行为期14小时的训练,每天训练1小时,共计14天。此外,有研究者指出,以往诸多电子游戏训练研究由于缺乏控制组,其游戏训练提高效应可能由实验任务的练习效应或被试采用策略导致,而与游戏训练无关(Boot, Blakely, & Simons, 2011; Boot & Simons, 2012; Green, Strobach, & Schubert, 2014)。为揭示体感游戏训练对生物运动工作记忆的真实影响,笔者在本研究中设置控制组,要求控制组与实验组被试均先后完成两次生物运动记忆任务;然而,只有实验组完成第一次实验后进行14小时的游戏训练。若体感交互游戏训练可显著提高生物运动工作记忆的容量,则实验

组生物运动工作记忆容量较控制组应有显著提高。

2 方 法

2.1 被试

实验组被试为 12 名浙江大学大三本科生(平均年龄 20.3 ± 0.5 岁,男生 3 名)。控制组为 11 名浙江大学本科生被试(平均年龄 20.4 ± 0.5 岁,男生 4 名)。被试视力或矫正视力正常,无色盲,第一次实验前均无 Kinect 体感游戏经历。

2.2 实验材料

2.2.1 Kinect 体感游戏

Kinect 体感游戏训练采用 48 英寸液晶显示器和 Xbox360 系统(Kinect 1.0)。

鉴于舞蹈类与健身类游戏在 Kinect 体感游戏中占较大比例,笔者选择以下四款游戏用于训练:舞力全开 4(Just Dance 4)、全明星乡村舞蹈(Country Dance All Stars)、穿越墙洞(Hole in the Wall)、减肥达人终极版(The Biggest Loser: Ultimate Workout)。这四款游戏有以下共性:(1)游戏时需对虚拟人物或墙洞形状进行镜像模仿,需玩家协调身体肢体进行全身动作;(2)游戏中 Kinect 会检测玩家关键身体部位与关节位置;(3)游戏会就玩家动作给出反馈,被试模仿越精确,反馈信息越正向;(4)四款游戏均为单人单机游戏。

2.2.2 生物运动工作记忆容量测量

生物运动刺激采用笔者前期使用的光点运动动画(point light display)为实验材料(e.g., Shen et al., 2014)。该类刺激由 13 个光点组成,分别指示了骑车、走路、绘画、跳跃、挥舞、铲、劈 7 个不同类型的生物运动。每个生物运动由 30 帧构成,每帧连续呈现两次, $3.62^\circ \times 1.43^\circ$ 视角。生物运动出现在以屏幕中央为中心的 4.88° 的圆周上,

5 个位置均匀分布,每次随机呈现 3 或 5 个生物运动。

实验程序采用 Matlab 编写,背景色为黑色(0,0,0;RGB),呈现于 17 英寸 CRT 显示屏上。显示屏分辨率为 1024×768 ,刷新率为 60Hz。实验在隔音暗室中进行,被试距离屏幕中央 60cm。

2.3 实验流程

实验采用 2(游戏训练:实验组 vs. 控制组) \times 2(测验时间:前测 vs. 后测) \times 2(记忆负荷:3vs. 5 个生物运动)的混合设计,游戏训练为被试间变量,测验时间、记忆负荷为被试内变量。其中,由于生物运动的工作记忆容量为 3~4 个,故要求被试记忆 3 或 5 个生物运动可有效估计其工作记忆容量。

被试首先进行前测,完成后的第二天实验组开始游戏训练。每天训练 2 个游戏,每个游戏各 30 分钟,中间休息 10 分钟。4 天为一轮训练,每一轮内游戏训练顺序在被试间平衡。为提高训练的趣味性与效果,训练前 4 天采用相对简单的固定游戏内容,剩余 10 天由被试自由选择合适的游戏难度。主试会记录被试每次的训练得分并在训练前告知被试,以确保被试认真对待训练。训练全部结束后的第二天,被试进行后测。控制组被试则仅进行前、后测,两次测试相隔 14 天。

生物运动工作记忆任务的实验流程见图 1。首先在屏幕中央呈现两个白色数字 500ms,要求被试大声复述数字,以避免被试在记忆生物运动时使用言语编码策略(cf. Gao et al., 2015; Shen et al., 2014; Wood, 2007)。随后,一红色注视点在屏幕中央出现 300ms,间隔 150~350ms 的空屏后呈现记忆项。被试需记忆 3(呈现 3s)或 5 个(呈现 5s)白色生物运动。记忆项消失后空屏 900ms,最后随机呈现 1 个红色检测

项 1000ms,当呈现红色问号时要求被试在 3000ms 内判断检测项是否在记忆项中呈现过。最后,空屏 100ms,并在 2000ms 内完成

对复述数字(红色)的判断。若生物运动或数字出现过按“J”键,未出现过按“F”键。

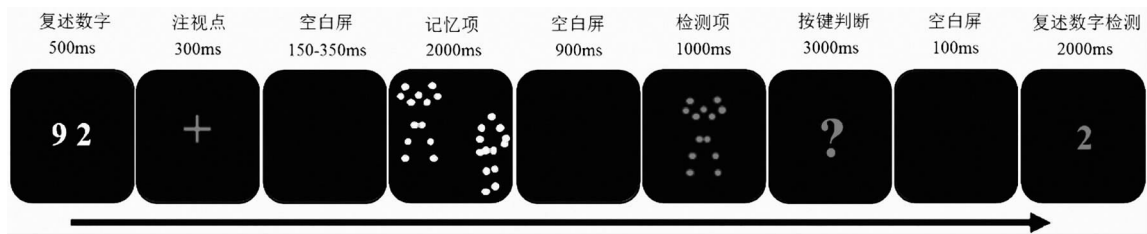


图 1 工作记忆任务实验流程

正式实验共 60 个试次,分两部分完成。两部分间被试休息 3 ~ 10 分钟。在正式实验开始前,被试要先进行 10 个试次的练习。整个实验持续约 15 分钟。

为估计个体的生物运动工作记忆容量,笔者采用 Cowan, Blume 和 Sauls(2013)公式: $K = N \times (H - F) / H$ 。其中, N 为记忆项数目, H 为击中率, F 为虚惊率。计算被试在不同记忆负荷下的 K ,并将其中的最大值作为工作记忆的容量估计值(cf. Gao et al., 2015; Shen et al., 2014)。最后,以测验时间为被试内变量,游戏训练为被试间变量,对个体的生物运动工作记忆容量进行混合方差分析。

3 实验结果

实验组被试认真地完成了 Kinect 游戏训练。由于训练后 10 天被试自由选择任务难度,故游戏得分不可进行简单平均报告。因此,以某典型被试为例,报告其随时间推移的游戏表现(图 2)。

实验组和控制组的正确率、击中率和

虚惊率见表 1。对个体的生物运动工作记忆容量(图 3)进行混合方差分析发现,训练时间的主效应显著, $F(1, 21) = 6.37, p = 0.02, \eta^2 = 0.23$,表明工作记忆容量后测较前测有显著提高。游戏训练主效应不显著, $F(1, 21) = 0.36, p = 0.56, \eta^2 = 0.02$,提示实验组($K = 4.05$)和控制组($K = 4.20$)间无显著差异。尽管实验组的绩效提升稍高于控制组,但是训练时间与游戏训练间交互作用不显著, $F(1, 21) = 0.37, p = 0.55, \eta^2 = 0.02$,提示游戏训练并未选择性地提升生物运动工作记忆的绩效。

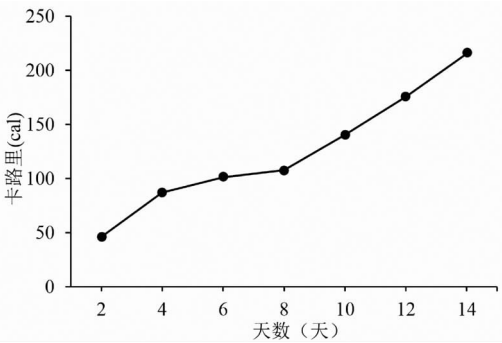


图 2 某典型被试在舞力全开游戏中的得分与训练时间的关系

表 1 生物运动任务正确率、击中率和虚惊率 ($M \pm SD$)

	实验组(数字表示负荷)				控制组(数字表示负荷)			
	3 - 前测	3 - 后测	5 - 前测	5 - 后测	3 - 前测	3 - 后测	5 - 前测	5 - 后测
击中率	0.82 ± 0.04	0.87 ± 0.04	0.62 ± 0.04	0.75 ± 0.05	0.90 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.70 ± 0.04	0.78 ± 0.03
虚惊率	0.14 ± 0.03	0.11 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.17 ± 0.05	0.10 ± 0.02	0.13 ± 0.04	0.09 ± 0.02
正确率	0.84 ± 0.02	0.88 ± 0.03	0.73 ± 0.02	0.83 ± 0.04	0.86 ± 0.03	0.92 ± 0.02	0.78 ± 0.03	0.85 ± 0.02

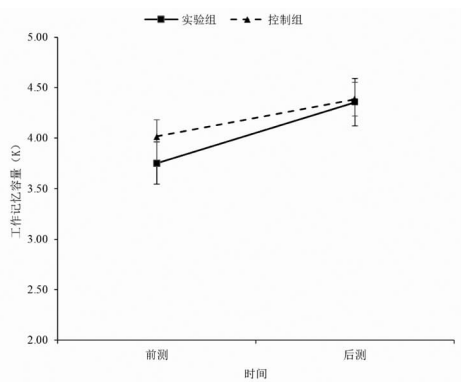


图3 实验组与控制组的生物运动工作记忆容量受训练的影响(误差线为标准误 SE)

4 讨论

本研究采用 Kinect 设备,首次探讨了体感游戏训练对生物运动工作记忆容量的影响。实验组较控制组在两次测试间进行了 14 小时的体感游戏训练,结果发现,尽管生物运动工作记忆绩效在后测时较前测有显著上升,但是游戏训练并未显著提高实验组的记忆绩效。该结果说明,生物运动工作记忆可能并不受体感交互游戏训练的影响。因此,尽管体感交互游戏可通过娱乐的方式较好地训练个体的生理机能,但似乎并不能特异性地提高个体的生物运动工作记忆加工能力。

本研究为游戏训练效应可能同练习效应有关的观点提供了新的实验证据(Boot et al., 2011; Boot & Simons, 2012; Green et al., 2014)。Boot 等(2011)指出,以往诸多游戏训练的研究由于缺乏控制组导致获得了虚假的训练迁移效应,即认知能力的提高由迁移任务的练习效应或被试采用策略导致。然而,Oei 和 Patterson(2013)、Blacker 等(2014)则指出电子游戏训练可提高被试存储的工作记忆容量,且被试的动机水平、参与度等并未对实验结果产生影响。本研究发现尽管实验组的工作记忆绩效在前后测发生了显著提高,但是控制组亦发

生了类似的提高。因此,本研究从新的角度为 Boot 等(2011)观点提供了支持,提示游戏训练研究有必要设置控制组。

然而,笔者需指出,本研究发现的工作记忆任务练习效应,可能同生物运动刺激本身的特殊性有一定关系。由于本研究采用的生物运动刺激均来自日常生活,被试均可对其进行命名,故在前测中随着实验的时间推移,被试极可能形成了有关生物运动刺激的长时记忆,这将有助于被试提高记忆绩效。更为重要的是,本研究结果表明间隔 14 天后该种长时记忆的影响仍稳定存在,提示有关生物运动长时记忆的信息保持较为稳定,这同 Urgolites 和 Wood(2013)所揭示的长时记忆可高质量保持生物运动信息的结果相一致。此外,这亦可能同生物运动脑机制加工的特殊性有关。生物运动的加工需要后部上颞叶沟(posterior superior temporal sulcus)、镜像神经元系统的参与(e.g., Ding et al., 2015; Lu et al., 2016; Pavlova, 2012),众多脑区的参与形成信息的冗余备份,从而有效阻止生物运动信息的消退。

最后,本研究的发现可能与训练强度有关。游戏训练的强度(如训练时间)直接决定了游戏训练的效果。目前,研究者尚未明确建议游戏训练的最佳时长。大部分电子游戏的训练时间在 10 ~ 30 小时之间(e.g., Cohen et al., 2007; Green & Bavelier, 2003, 2006b; Oei & Patterson, 2013),较长的研究则采用了 50 小时(Strobach, Frensch, & Schubert, 2012)。本研究将训练时间设定为 14 个小时,训练强度属于中下水平。此外,由于体感游戏中的体感交互在某种程度上属于个体相对熟悉的自然交互行为;而在仅需手参与的键盘-鼠标类动作游戏中,熟练、自动化的人-机交互需大量训练方能形成,且随着游戏训练的推进,

个体的控制能力会提高(Oei & Patterson, 2014)。故体感游戏的训练效果显现可能要较一般的电子游戏需更长的时间。故今后有必要采用更高强度的训练来探讨体感游戏对生物运动工作记忆容量的影响。

参考文献

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Elliott, J. (2010). Examining the link between working memory behaviour and academic attainment in children with ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(7), 632–636.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C., & Adams, A.-M. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(2), 85–106.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, pp. 47–89), New York: Academic Press.
- Blacker, K. J., Curby, K. M., Klobusicky, E., & Chein, J. M. (2014). Effects of action video game training on visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 40(5), 1992–2004.
- Boot, W. R., Blakely, D. P., & Simons, D. J. (2011). Do action video games improve perception and cognition? *Frontiers in Psychology*, 2, 226.
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129(3), 387–398.
- Boot, W. R., & Simons, D. J. (2012). Advances in video game methods and reporting practices (but still room for improvement): A commentary on Strobach, Frensch, and Schubert (2012). *Acta Psychologica*, 141(2), 276–277.
- Cohen, J. E., Green, C. S., & Bavelier, D. (2007). Training visual attention with video games: Not all games are created equal. *Computer Games and Adult Learning*, 205–227.
- Cowan, N., Blume, C. L., & Saults, J. S. (2013). Attention to attributes and objects in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(3), 731.
- Ding, X., Zhao, Y., Wu, F., Lu, X., Gao, Z., & Shen, M. (2015). Binding biological motion and visual features in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 41, 850–865.
- Eriksson, J., Vogel, E. K., Lansner, A., Bergström, F., & Nyberg, L. (2015). Neurocognitive architecture of working memory. *Neuron*, 88(1), 33–46. doi:10.1016/j.neuron.2015.09.020
- Gao, Z., Bentin, S., & Shen, M. (2015). Rehearsing biological motion in working memory: An EEG Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(1), 198–209.
- Gao, Z., Ye, T., Shen, M., & Perry, A. (2015). Working memory capacity of biological movements predicts empathy traits. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1–8.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70(2), 177–194.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423(6939), 534–537.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2006a). Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(6), 1465–1478.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2006b). Enumeration versus multiple object tracking: the case of action video game players. *Cognition*, 101(1), 217–245.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2007). Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychological Science*, 18(1), 88–94.
- Green, C. S., Strobach, T., & Schubert, T. (2014). On methodological standards in training and trans-

- fer experiments. *Psychological Research*, 78 (6) , 756 – 772.
- Logie, R. H. (2011). The functional organization and capacity limits of working memory. *Current Directions in Psychological Science*, 20 (4) , 240 – 245.
- Lu ,X. ,Huang, J. , Yi, Y. , Shen, M. , Weng, X. , & Gao, Z. (2016). Holding biological motion in working memory: An fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 251.
- Oei, A. C. , & Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: A multiple game training study. *PLoS One*, 8 (3) , e58546.
- Oei, A. C. , & Patterson, M. D. (2014). Are videogame training gains specific or general? *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8.
- Pavlova, M. A. (2012). Biological motion processing as a hallmark of social cognition. *Cerebral Cortex*, 22 (22) , 981 – 995.
- Shen, M. , Gao, Z. , Ding, X. , Zhou, B. , & Huang, X. (2014). Holding biological motion information in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 40 (4) , 1332 – 1345.
- Strobach, T. , Frensch, P. A. , & Schubert, T. (2012). Video game practice optimizes executive control skills in dual-task and task switching situations. *Acta Psychologica*, 140 (1) , 13 – 24.
- Urgolites, Z. J. , & Wood, J. N. (2013). Visual long-term memory stores high-fidelity representations of observed actions. *Psychological Science*, 24 (4) , 403 – 411.
- Wolfe, J. M. (2014). Introduction to the special issue on visual working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76 (7) , 1861 – 187.
- Wood, J. N. (2007). Visual working memory for observed actions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136 (4) , 639 – 652.
- Wu ,S. , & Spence, I. (2013). Playing shooter and driving videogames improves top-down guidance in visual search. *Attention Perception & Psychophysics*, 75 (4) , 673 – 686.

The Influence of Motion Sensing Game Training on the Working Memory Capacity of Biological Motion

WANG Ci JIANG Zheng-dan SUN Lin-hui YANG Yang

QIU Fang-fang LIAO Hua-yu GAO Zai-feng

(Department of Psychology, Zhejiang University, Hangzhou 310007, China)

Abstract

Biological motion has an independent storage buffer in working memory (WM) from common visual objects (e. g. , color, location). While it has been revealed that video games can considerably increase the WM capacity of common visual objects, no study has explored whether video games improve the WM capacity of biological motion. Here we closed this gap by requiring two groups (control vs. training group) of participants to finish a task measuring the WM capacity of biological motion twice with a gap of

14-days. Critically, during the 14 days the training group had to perform Kinect-based motion sensing games 1 hour/day. It is found that WM performance significantly increased in the second measurement relative to the first one, and it was not modulated by the training experience. These results suggest that motion sensing game training does not selectively improve the WM capacity of biological motion.

Key words: motion sensing game, biological motion, working memory training