

人际协调与关系承诺的关系？自我 - 他人重叠的中介路径

彭宇

安徽大学哲学学院, 安徽 合肥

收稿日期: 2026年1月30日; 录用日期: 2026年3月4日; 发布日期: 2026年3月19日

摘要

人际协调作为社会互动的核心机制, 已被广泛证实能够促进关系承诺, 然而其内在作用路径仍存在理论分歧。本研究基于中介框架, 整合自我 - 他人重叠的中介作用, 探讨在人际协调影响关系承诺过程中的神经机制。通过两项混合方法研究($n = 66$), 结合脑电测量与问卷报告, 发现: 1) 互动组的脑间同步显著高于无互动组, 且主要体现于delta与alpha波段, 并集中激活于大脑前部及中央区域, 包括额叶、额顶中央区及左侧颞顶交界区; 2) 自我 - 他人重叠在人际协调与关系承诺之间发挥中介作用, 即人际协调可通过提升自我 - 他人重叠这条路径正向预测关系承诺。这表明, 捕捉脑间同步及其与人际协调的关系的方法提供了有关人际协调预测关系承诺的潜在机制。

关键词

人际协调, 脑间同步, 自我 - 他人重叠, 亲密承诺

How Does Interpersonal Coordination Affect Relationship Commitment? The Mediating Path of Self-Other Overlap

Yu Peng

School of Philosophy, Anhui University, Hefei Anhui

Received: January 30, 2026; accepted: March 4, 2026; published: March 19, 2026

Abstract

Interpersonal coordination, as the core mechanism of social interaction, has been widely proven to promote relational commitment. However, there are still theoretical disagreements regarding its underlying pathways. Based on the mediation framework, this study integrates the mediating role

of self-other overlap to explore the neural mechanisms underlying the influence of interpersonal coordination on relational commitment. Through two mixed-method studies ($n = 66$), combining EEG measurements and questionnaire reports, the following findings were obtained: 1) Intergroup brain synchronization was significantly higher in the interactive group compared to the non-interactive group, primarily manifesting in the delta and alpha bands, and concentrating activation in the frontal and central regions of the brain, including the frontal lobe, fronto-parietal central area, and left temporo-parietal junction area; 2) Self-other overlap plays a mediating role between interpersonal coordination and relational commitment, meaning that interpersonal coordination can positively predict relational commitment through the pathway of enhancing self-other overlap. This indicates that the method of capturing inter-brain synchronization and its relationship with interpersonal coordination provides a potential mechanism for predicting how interpersonal coordination influences relational commitment.

Keywords

Interpersonal Coordination, Inter-Brain Synchronization, Self-Other Overlap, Intimate Commitment

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

亲密且忠诚的浪漫关系对心理健康与幸福感具有显著促进作用(August et al., 2023)。根据 Sternberg (1986)的爱情三角理论,承诺作为亲密关系的核心维度,体现为一种情感依恋并希望维持长期伴侣关系的意愿(Rusbult, 1980)。其内在机制可从社会心理学两大经典理论框架进行解析。首先,相互依赖理论(Interdependence Theory)揭示了关系承诺的认知演化路径: Agnew 等人(1998)指出,随着伴侣间承诺水平的提升,个体将经历自我关系心理表征,具体表现为从独立个体认知转向将自我与伴侣整合“关系整体”的认知图式,而这种认知转型本身即可预测承诺强度的动态变化。作为该理论的拓展, Rusbult 提出的投资模型(Investment Model)进一步阐释了承诺的行为转化机制:承诺本质上是个体对关系依赖性的主观体验(Rusbult, 1983),这种体验会系统性地激发关系维持行为,包括冲突调解、牺牲意愿及互动调适等策略。两种理论形成互补性解释体系——前者聚焦承诺的认知前因,后者强调其行为后果,共同构建了从心理表征到外显行为的完整作用链条。然而,人们对心理表征(承诺的认知方面)以及外显行为(承诺的行为方面)如何相互作用以促进亲密承诺的认知和神经元机制知之甚少。

1.1. 人际协调对关系承诺的重要性

哈罗德·凯利(Harold Kelley)提出相互依赖理论(Interdependence Theory),认为伴侣通过互动形成的相互依赖是亲密关系的核心特征,而关系承诺本质上源于这种动态的互动过程(Agnew et al., 1998)。该理论强调,伴侣间的持续互动不仅塑造了彼此的依赖关系,还通过人际协调(Interpersonal Coordination)——即个体调整自身行为以适应他人的能力(Meyer & Hunnius, 2020)——强化了情感连接与社会联结(Miles et al., 2009),这种协调行为被定义为两个或多个个体在几乎同一时间执行动作,即其动作在整体进程的时间框架内呈现重叠或一致性,且这些动作以完全相同、相似或关联形式呈现的情形(Hu et al., 2022)。

而且,人际协调并非限于行为层面,还涉及神经、生理及情感等层面(Rennung & Göritz, 2016),研究

表明,高度同步的人际协调(如合作任务)可通过增强目标共享性与互惠预期,直接提升关系承诺(Michael et al., 2016)。基于承诺投资模型,本研究假设:个体在人际协调中投入的努力会通过隐含的承诺感调节其抵制分心与替代选择的动机。这种动机机制在浪漫关系中尤为显著,因为伴侣间的互动模式(如人际协调)可能成为亲密承诺的关键预测因子(Agnew et al., 1998)。生物行为同步模型进一步指出,人际协调通过触发脑间同步,脑间同步又会促进个体间在情感或认知上的社会对齐(Social Alignment),例如,获得亲密感、增加承诺感、促使任务成功等(Feldman, 2017)。因此形成“行为-生理-认知”的强化环路,从而巩固承诺动机。

1.2. 自我-他人重叠的中介机制

近年来,具身认知理论(Embodied Cognition Theory)的发展为理解同步效应提供了新的视角(Yin & Goller, 2024)。研究表明,同步不仅能够通过外显的行为匹配(如手势模仿、步调一致)建立互动流畅性(Bernieri et al., 1996),还可能引发内隐的自我概念重构——当个体感知到与他人高度同步时,其神经表征中自我与他人的边界会显著模糊。这种自我-他人重叠(Self-Other Overlap)现象被认为是关系承诺的情感认知基础。心理学研究发现,将伴侣纳入自我概念能够显著提升个体在关系中的投资意愿(Aron et al., 1991)。此外,自我-他人重叠也是衡量人际关系亲密度的重要维度,与浪漫关系及朋友关系中的积极互动、幸福感密切相关(Agnew et al., 1998)。研究进一步指出,个体与伴侣的重叠感与爱、承诺及亲密感呈正相关,并且在亲密关系中具有功能性作用,能够预测一系列积极的关系结果(Branand et al., 2019)。

基于上述理论,本研究提出一个中介框架,旨在揭示自我-他人重叠在人际协调影响关系承诺过程中的中介作用。例如,在小组行走任务中,自我-他人重叠较高的个体表现出更高的合作效率,并自我报告出更强的幸福感(Fairhurst et al., 2023)。近期研究也表明,在同步过程中可同时激活自我相关加工(Lang et al., 2017)。即人际同步可能通过激活内隐的认知融合机制,进而增强关系承诺。

1.3. 人际协调的神经机制:引入神经同步指标的必要性

现有关于亲密关系互动的研究多聚焦于自我报告与行为观察等外部表征测量,然而由于社会赞许效应与伦理约束的双重限制,个体往往难以客观揭示其内在心理过程。这使得研究者迫切需要发展更直接的测量手段以捕捉亲密关系互动背后的神经心理机制。在此背景下,神经成像技术的突破性发展为认识潜意识的认知情感过程提供了方法。以脑电图(EEG)为代表的电生理技术凭借其毫秒级时间分辨率优势,已成为探究脑间神经耦合(Inter-Brain Neural Coupling)的首选范式,其频谱分析能力可精确解析互动过程中的神经振荡同步特性。大量实证研究表明,有效社会互动情境下的脑间同步水平显著高于非互动条件(Hu et al., 2017)。这种被称为人际神经同步的现象,被证实能够优化人际信息传递效率,并显著预测合作质量(Pan et al., 2016)。特别值得关注的是,近期研究发现浪漫伴侣在互动任务中展现的INS水平显著高于陌生人,且IBS强度与人际协调呈现正向关联,这提示人际神经同步可作为监测人际协调的关键神经指标(Pan et al., 2016)。现有证据表明,浪漫关系中的人际协调主要激活前额叶与颞顶联合区的功能耦合(Zhao et al., 2024),其神经机制不仅涉及基础的行为模仿,更包含高级社会认知系统的深度参与(Balconi & Vanutelli, 2018)。在神经振荡层面,尽管Beta和Gamma波段的耦合现象均有报道,但Alpha与Delta频段的神经同步被普遍视为核心机制(Babiloni & Astolfi, 2014)。Alpha频段脑间同步性在动作意图预测中的作用(Fitzpatrick et al., 2019);Delta频段相位同步对合作意图共享的动态编码机制(Yang et al., 2023),且Delta频段IBS强度可解释行为同步,验证了低频段人际协同网络对亲密承诺的预测能力。这些发现为深入探究自发性和目标导向性人际同步对亲密关系质量的影响机制奠定了重要基础。

基于具身认知理论,本研究揭示关系承诺形成的认知神经机制。通过整合自我-他人重叠模型

(Branand et al., 2019), 开发改良版双人七巧板协作范式(Fishburn et al., 2018 改编), 要求伴侣实时监控对方行为状态、预测行动意图, 并通过行为动态调整实现精准协作, 该过程依赖于心智化系统对他人心理状态的持续性在线推断(Reindl et al., 2022)。自我-他人重叠模型则拓展指出, 伴侣间表征融合度可显著预测关系承诺强度(Branand et al., 2019)。实验采用 EEG 超扫描技术同步采集伴侣脑电信号, 同步整合行为动力学数据与脑间同步性(Inter-Brain Synchronization, IBS)指标进行多模态分析。通过 EEG 超扫描技术分析情侣自然互动中的脑间同步机制, 假设模型图如图 1 所示, 提出假设: 1) 社会互动情境较非互动条件诱发显著增强的脑间同步性(H1); 2) 同步神经活动特异性分布于额叶、额顶中央区及左颞顶交界处, 并呈现 α 、 δ 频段节律特性(H2); 3) 脑间同步性通过自我-他人重叠中介路径, 正向预测关系承诺水平(H3)。

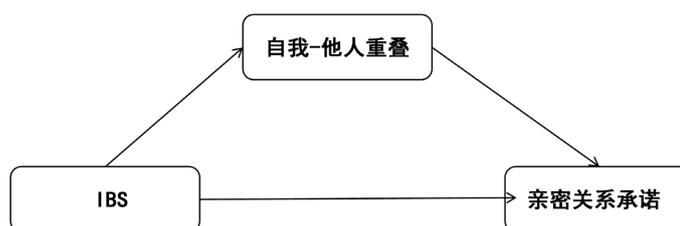


Figure 1. Hypothetical model diagram

图 1. 假设模型图

2. 研究方法

2.1. 被试

共选取安徽大学健康的异性恋情侣被试共计 33 对, 其中男女各 33 人, 平均年龄 20.45 ± 1.04 岁, 年龄范围 19 到 24 岁。所有被试均为右撇子, 视力或矫正视力正常, 均自愿参加本研究。每位参与者实验前均完成了知情同意书, 试验结束后获得 30 元人民币报酬。

2.2. 实验材料

七巧板任务: 参考 Fishburn 等人(2018)在他们实验中所用的七巧板任务, 并根据实验设计要求进行变式。在整个测试过程中, 被试都要完成七巧板。七巧板是一种解剖谜题, 由平面几何形状拼成更大的形状(一个物体或动物), 呈现在一张卡片上。这项任务的目标是在两分钟内快速形成更大的形状, 只给出它的轮廓。七巧板是相当有挑战性的, 需要高级的空间和几何技巧。在测试前, 被试要熟悉七面板的概念和历史, 并有时间单独或与伙伴一起练习拼图。实验任务分为两部分: 互动任务和非互动任务。在任务中, 两名被试分别坐在桌子的两边, 被要求在有互动任务和无互动任务中分别与伴侣合作完成七巧板游戏。两种条件下都包含了一张拼图卡片和 7 个几何形状, 两个被试的观看区域都有 7 个几何形状。我们将任务设计得相当困难, 以确保被试在八分钟内尽可能多地投入任务中, 而不是在拼图完成后停止合作或单独行动, 研究人员给了被试两张备用卡, 并告诉他们, 如果他们在两分钟的时间结束前完成了七巧板, 就需要翻下一张牌, 然后进入下一个谜题。

亲密关系承诺量表: 本研究采用 Rusbult 等人(1991)编制的关系承诺量表。此量表采用 5 个项目进行评估, 这些条目强调了关系承诺的感觉和变得不那么承诺的可能性(例如, “明年你和另一半以外的人约会的可能性有多大?”)。采用 7 点计分, 得分越高表示个体对对方的关系承诺越强。该量表的 Cronbach's α 系数为 0.91, 这表明该问卷具有良好的信效度。

自我-他人重叠问卷: 使用由 Aron 等人(1992)编制的量表, 是目前测量自我-他人重叠的标准量表。该量表通过呈现 7 对不同重叠程度的圆圈, 圆圈从不重叠到几乎完全重叠, 每对圆圈的重叠程度相较于

前一对圆圈要略高一些，每对圆圈中一个代表自我，另一个代表他人，从而描述自我与他人的关系。参与者选择最能描绘自己与他人关系的一对圆圈，重叠度越高的圆圈对应的分数越高，更高的分数表明更多的自我 - 他人重叠。

2.3. 实验程序

在这项研究中，我们采用了被试内设计(无互动、有互动)，每个被试需要完成七巧板任务。实验是在一个安静的房间里进行的，实验全程通过两台摄像机进行录像。在实验过程中，要求参与者并排坐着，一个公共的电脑屏幕呈现在两名参与者的前方，被试需要根据屏幕上提供的指导语完成一系列任务，实验开始后，主试离开房间，目的是给被试创造一个安静舒适的环境。此外，被试被要求尽可能不移动身体位置，以减少运动伪影(Cui et al., 2015)。在被试完成基本的问卷填写后，由实验人员为被试佩戴电脑设备，佩戴完成后，每对被试会被要求依次完成 3 分钟的静息状态、8 分钟的无互动七巧板任务、8 分钟的有互动七巧板任务。

在静息状态阶段，参与者被要求闭上眼睛保持静止，放松大脑，尽可能保持平静(Jiang et al., 2012)。在无互动七巧板任务中，不透明的隔板将情侣分开，以防止他们互动，并提供一个非竞争性的环境，两名被试需要在相同的时间内独自完成 7 块拼图的任务。在经历短暂的休息后，被试需完成有互动七巧板任务，在有互动七巧板任务中，两名被试被允许自由互动，以便完成拼图。

在完成七巧板任务后，实验人员会为被试拆解下电脑设备，同时两名被试需要依次独立地根据实验过程中的录像来完成自编行为协调问卷、自我 - 他人重叠问卷和亲密关系承诺问卷的填写。填写完成后，被试获得实验报酬，实验结束。

3. 数据收集与分析

3.1. 双脑电数据采集与预处理

脑电记录仪器为 Brain Product 公司生产的符合国际 10~20 系统标准的 32 导 EEG 系统。数据收集采用正面中央电极用作接地，Fz 用作参考。记录水平眼电与垂直眼电，数据采样率为 250 Hz，滤波带通为 0.1~100 Hz，将头皮电阻控制在 5 kΩ 以下。在静息状态、七巧板任务(互动，无互动)中采集连续脑电图数据，在记录过程中，要求被试保持放松，并减少头部运动，以确保数据的稳定性和可靠性。并进行独立成分分析(Independent Component Analysis, ICA)，并通过目视检测识别出与伪影相关的分量。从所有后续分析中消除了伪影标记的时代。所有分析均由 EEGLab 和 Matlab 中的脚本执行。

3.2. IBS 计算

在以往的研究中，IBS 是通过 EEG 信号的相位同步来测量的。本研究使用脑间 PLV 指数来估计伴侣间的脑间同步(Burgess, 2013)。开发这种脑间相同步指数是为了测量来自两个相互作用个体的信号是否在时间上是相互锁定的。与之前的超扫描研究一致(Barraza et al., 2020)，在给定时间 t 和频率 f 下的脑间 PLV 被计算为两个个体在 n 个时期的两个电极(j, k)的相位差之和的绝对值。采用短时傅里叶变换对 EEG 数据进行变换。在 Matlab 函数中将频率分辨率设置为 1 Hz，窗口大小设置为 0.2 s。计算以下 5 个频段的平均脑间 PLV: Delta (1~3 Hz)、Theta (4~7 Hz)、Alpha (8~13 Hz)、Beta (14~30 Hz)和 Gamma (31 Hz)，以作进一步统计分析。PLV 的一般定义由以下公式估计(Lachaux et al., 1999)。

$$PLV(f) = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=1}^N e^{j(\theta_1(n) - \theta_2(n))} \right|$$

根据前人的研究(Lin et al., 2024)，采用以下 8 个区域对 EEG 数据进行分组分析：左额叶(Cf:Fp1, f7,

f3)、右额叶(Rf:Fp2, f4, f8)、中后侧(Mp:Pz, Oz)、左颞顶交界处(Ltpj:P3, p7, Cp5)、右颞顶交界处(Rtpj:P4, p8, Cp6)、左颞叶(Lct:T7, c3)、右颞叶(Rct:T8, c4)、额叶中央(Mf:Fz, Cz)。

4. 统计分析

如前所述, 本研究的统计分析聚焦于 8 个大脑区域和 5 个频段。首先, 对获得的相位锁定值(PLV)数据进行了初步的视觉检查, 并选择了感兴趣的时频区域(ROI)。对于 ROI 的脑间 PLV, 我们采用了 2 (实验处理: 互动与无互动) \times 8 (脑区: 左额叶、右额叶、中后侧、左颞顶交界处、右颞顶交界处、左颞叶、右颞叶、额叶中央)重复测量方差分析(ANOVA), 其中区域和组别为被试内变量。为了进一步探讨行为特征与 IBS 之间的关系, 我们还进行了脑间 PLV 数据与行为数据的相关性分析。所有统计分析均使用 SPSS 20.0 进行, 显著性水平设定为 $p < 0.05$, 且针对多重比较采用了 Greenhouse-Geisser 校正。考虑到多重检验问题, 使用 Bonferroni 校正来调整 p 值。效应大小通过偏 η^2 (偏 Eta 平方)进行量化。不同实验条件下行为表现的差异通过配对样本 t 检验进行评估。行为表现与 IBS 的相关性则通过 Pearson 相关检验进行分析。

在重复测量方差分析中, 我们还进行了排列检验, 以验证被试间的显著相互作用效应。具体而言, 我们对每一对中的每个双体 PLV 数据进行了 5000 次洗牌, 并通过重复测量方差分析进行排列检验, 以确认真实伴侣间之间的显著交互效应。

5. 结果

5.1. 神经结果

首先, 针对每个频段的 PLV 进行平均并沿时间轴绘制, 以便进行初步的目视检查(见图 2)。从图中可以看出, IBS 的激活主要集中在 Alpha 和 Delta 波段。因此, 选择这些时频域作为感兴趣区域(ROI)进行后续分析。

在对 δ 和 α 波段的分析中, 采用了 2 (实验处理: 互动与无互动) \times 8 (脑区: 左额叶、右额叶、中后侧、左颞顶交界处、右颞顶交界处、左颞叶、右颞叶、额叶中央)重复测量方差分析, 旨在探讨 IBS 在不同脑区的分布差异。对于 Alpha 波段, 方差分析结果显示实验处理的主效应显著, $f(1, 64) = 6.672$, $p = 0.012$, 偏 $\eta^2 = 0.094$, 表明互动组的 IBS 显著大于无互动组; 而脑区的主效应不显著, $f(7, 64) = 1.007$, $p = 0.436$, 偏 $\eta^2 = 0.108$ 。实验处理与脑区的交互作用显著, $f(7, 64) = 5.865$, $p = 0.018$, 偏 $\eta^2 = 0.084$ 。事后检验显示, 额叶后部区域的互动组 IBS 显著高于无互动组($p < 0.025$)。在 Delta 波段的分析中, 实验处理的主效应不显著, $f(1, 64) = 0.798$, $p = 0.375$, 偏 $\eta^2 = 0.012$, 而脑区的主效应显著, $f(7, 64) = 5.414$, $p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.395$ 。实验处理与脑区的交互作用不显著, $f(7, 64) = 1.291$, $p = 0.271$, 偏 $\eta^2 = 0.135$ 。事后检验表明, 在左颞顶叶区域, 互动组的 IBS 显著高于无互动组($p < 0.022$), 此外, 互动组在左额叶区的 IBS 显著高于右颞顶叶和额叶中后部($p = 0.011$, $p = 0.006$, $p = 0.029$) (见图 3)。

5.2. 相关分析

为了探讨行为数据与 IBS 之间的相关性, 我们对量表数据与 PLV 进行了相关分析。采用 Pearson 相关分析来检验行为协调、IBS、自我 - 他人重叠及亲密关系承诺之间的两两相关性。结果表明, Alpha 和 Beta 波段脑间同步与亲密关系承诺、自我 - 他人重叠之间、行为协调均存在显著正相关(表 1)。

5.2. 中介分析

借助 SPSS 的 Process 插件, 并结合 Bootstrap 检验方法, 为检验自我 - 他人重叠的中介作用, 我们采用 Process 宏程序 Model 4 进行了中介效应分析。结果显示(见表 2), 左侧颞顶交界区的脑间同步(LTPJ)能显著正向预测自我 - 他人重叠($\beta = 0.441$, $p = 0.010$)。同时, 在控制了 LTPJ 的作用后, 自我 - 他人重叠能

显著正向预测亲密关系承诺($\beta = 0.713, p < 0.001$)。然而, LTPJ 对关系承诺的直接效应不显著($\beta = 0.098, p = 0.462$)。Bootstrap 检验进一步表明, 自我 - 他人重叠的间接效应显著, 完全标准化间接效应值为 0.314, 95%Boot CI [0.095, 0.518]。由于直接效应不显著而间接效应显著, 这表明自我 - 他人重叠在 LTPJ 脑间同步与关系承诺之间起到了完全中介作用(见图 4)。

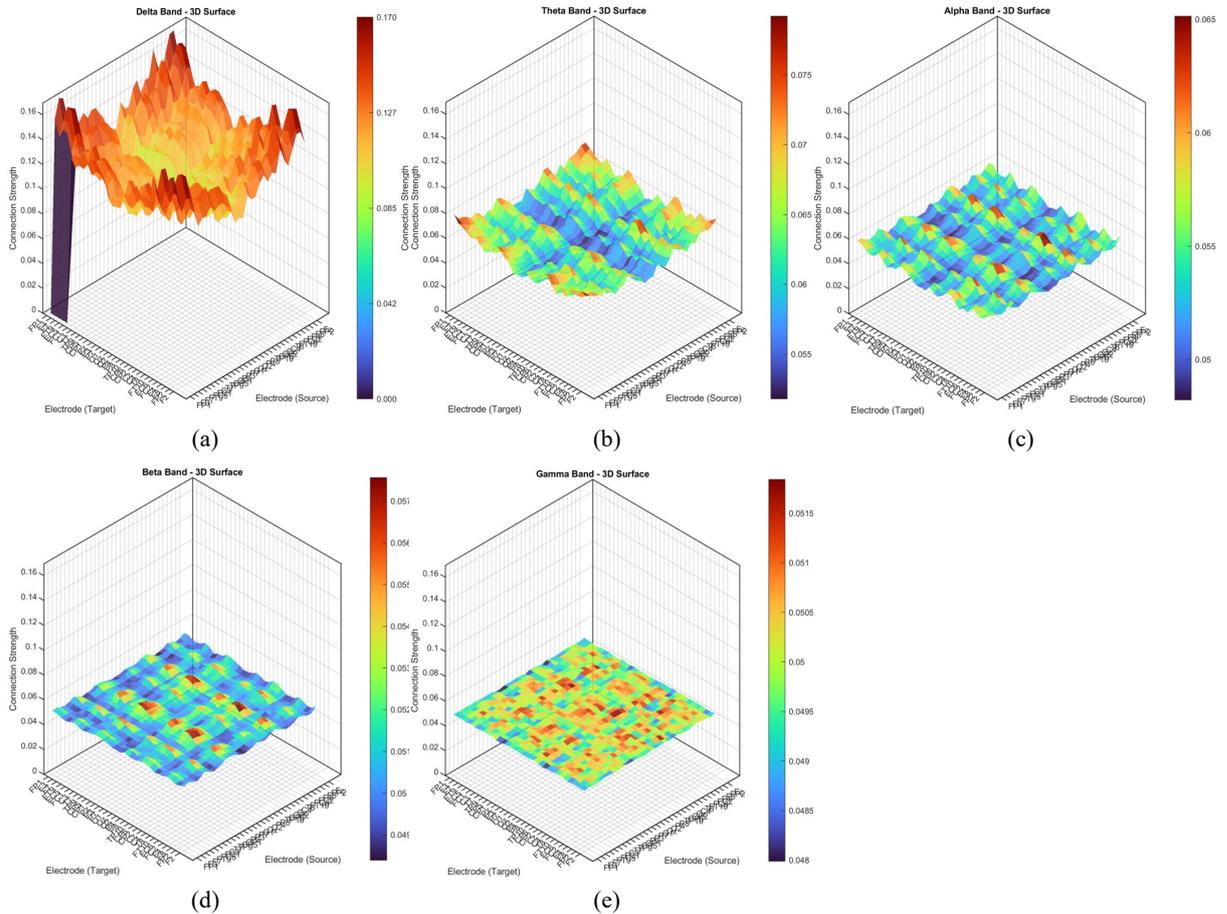


Figure 2. ROI time-frequency domain IBS spatial distribution matrix
图 2. ROI 时频域 IBS 空间分布矩阵

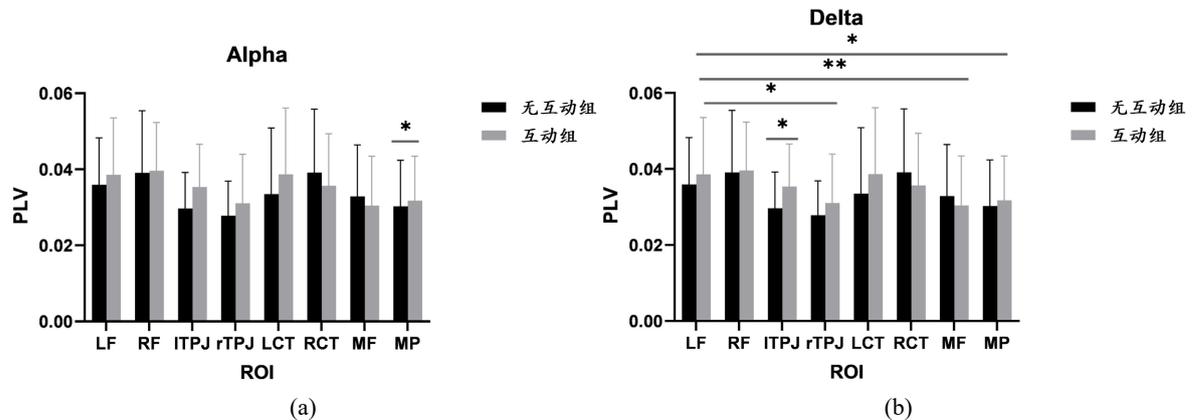


Figure 3. Inter-brain PLV of α and δ bands in different brain regions between couples
图 3. 情侣间不同脑区 α 和 δ 波段的脑间 PLV

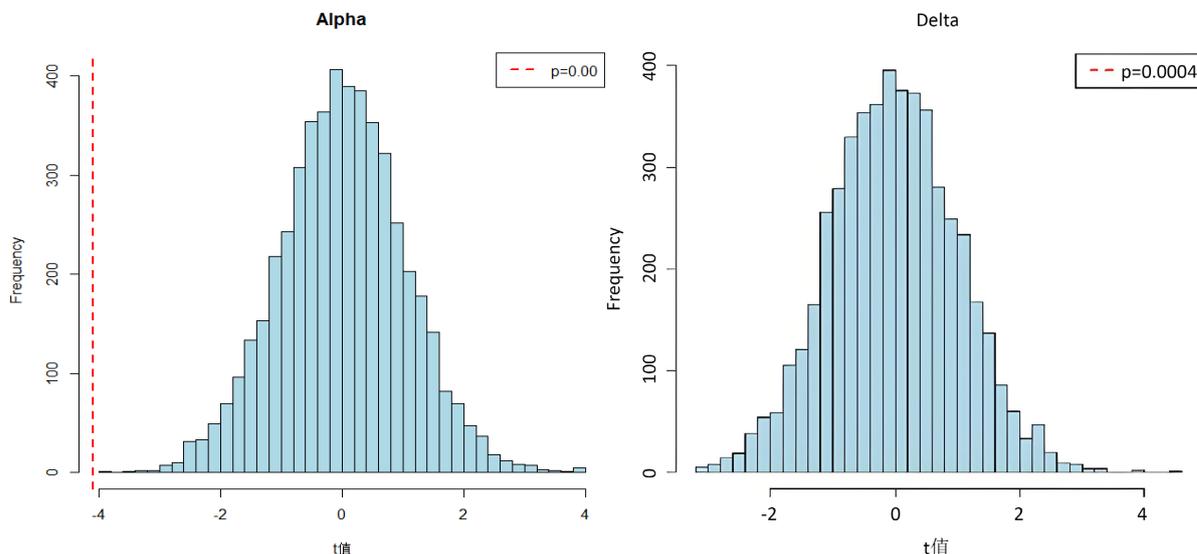


Figure 4. Permutation test plot for α and δ bands

图 4. α 和 δ 波段的排列检验图

Table 1. Correlation between inter-brain synchronization, self-other overlap, and relationship commitment

表 1. 脑间同步、自我 - 他人重叠和关系承诺的相关性

	1	2	3	4	5	6	M	Sd
Ibs at alpha_ltpj	—							
Ibs at delta_ltpj	0.278	—						
Intimacy commitment	0.357*	0.412*	0.773**	—				
Self-other overlap	0.345*	0.440*	0.644**	0.757**	—			
M	0.011	0.019	35.636	31.682	—	—	—	—
Sd	0.003	0.009	4.251	2.256	—	—	—	—

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 。

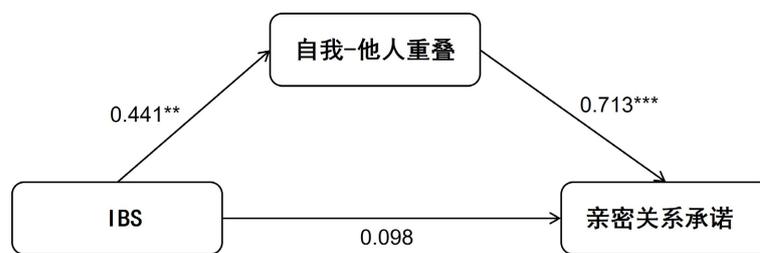


Figure 5. Mediation model

图 5. 中介模型

Table 2. Mediating effect of self-other overlap

表 2. 自我 - 他人重叠的中介效应

因变量	作用路径	效应值	BootSE	Boot CI 下限	Boot CI 上限	效应占比
亲密关系承诺	脑间同步 → 自我 - 他人重叠	0.441	0.164	0.063	0.735	
	自我 - 他人重叠 → 关系承诺	0.713	0.132	0.256	0.853	
	脑间同步 → 关系承诺(总效应)	0.413	0.164	0.079	0.746	

续表

直接效应	0.098	0.132	-0.171	0.367	23.73%
自我 - 他人重叠的间接效应	0.314	0.107	0.095	0.518	76.03%

注: BootSE 指 Bootstrap 法估计的间接效应的标准误差, Boot CI 下限/上限指 95%置信区间下限和上限。

6. 讨论

本研究基于脑电超扫描技术与改进的双人拼图合作游戏相结合,调查了人际协调背景下的神经机制,并比较了不同条件下情侣间的关系承诺差异。相较于既往研究对单一神经机制(Czeszumski et al., 2020)的探讨,本研究创新性构建“神经 - 认知 - 关系”中介模型(见图 5),采用重复测量设计对比互动/非互动情境下人际协调的神经机制差异。

6.1. 人际同步影响亲密承诺的神经机制

在本研究中,我们观察到人际互动中显著的神经耦合主要体现于 δ 与 α 波段。这一发现与现有理论及实证依据形成呼应: δ 波段相位锁定值(PLV)的升高已被视为联合注意与联合动作的潜在神经标记(Yang et al., 2023),且其脑间同步首次被证实与人际行为协调直接相关(Müller et al., 2013)。同时, α 波段则在认知控制与协调行为中扮演关键角色,其同步性与互动中较高的认知控制需求相关,这可以解释在情侣二人组中观察到脑间同步(Wanjoo Park, 2024),并在触摸等社会互动情境中呈现为重要特征,常被视为社会协调的神经反映(Fitzpatrick et al., 2019)。值得注意的是,这两个频段均涉及知觉与注意调控过程(Gallina et al., 2024),而认知过程的同步又被认为是联合行动中神经同步的重要基础(Szymanski et al., 2017)。综上,本研究在 δ 与 α 波段所观测到的神经同步模式,可能共同反映了一种整合性的人际协调机制:其中 δ 波段更偏向于支撑对共享目标的共同关注与行为配合,事实上,运动 δ 振荡塑造了运动行为和运动神经过程的动力学(Angioletti & Balconi, 2022),而 α 波段则更多涉及互动中认知控制的调整与意图的传递。二者协同作用,为理解人际协调的神经动态提供了证据。

本研究发现,与无互动组相比,互动组在联合行动中表现出显著的脑间同步,这与已有研究结论一致(Shiraishi & Shimada, 2021)。具体而言,这种脑间同步的增强主要集中在两个关键脑区:一是与运动系统相关的后侧额叶及中央区电极位置,这可能反映了运动和体感皮层中神经元集群的协调放电,这些集群不仅负责运动的控制与协调,还参与调节自身与他人的互动行为(Müller et al., 2013);二是与心理化系统相关的左侧颞顶交界区(LTPJ),该区域在社会推理、意图推断及策略计算中扮演关键角色(Hao et al., 2022)。上述脑区的同时激活表明,脑间同步同时涉及运动协调与高级社会认知的双重神经机制。

进一步的相关分析显示,亲密关系承诺与 Alpha、Beta 频段的脑间同步均呈显著正相关。这一结果提示,较高的承诺水平可能通过增强人际互动中的注意力投入、情感共鸣与共同意图,进而提升双人脑活动的同步程度。具体而言,当个体对关系持有更高承诺时,他们更倾向于主动监控伴侣状态、协调自身行为(McEllin et al., 2022),这种深层次的认知与情感卷入可能反映为额顶网络(Alpha/Beta 频段)活动的耦合增强(Dumas et al., 2019)。该发现为承诺在人际同步中的驱动作用提供了神经层面的证据,也深化了对亲密关系动态交互机制的理解。

6.2. 自我 - 他人重叠的中介路径

本研究数据进一步显示, δ 波段在左颞顶交界区(LTPJ)的脑间同步,不仅与自我 - 他人重叠程度相关,也和关系承诺存在显著联系。以往研究指出,该脑区在合作任务中常出现同步增强(Czeszumski et al., 2022),其神经活动被认为是协调双方行为的重要基础(Lu et al., 2023)。从而在神经层面将 δ 波段脑间同步、自我 -

他人重叠与关系承诺三者联系起来。

在心理层面,自我-他人重叠的形成离不开心理化系统的参与。该系统负责在互动中整合社交信息,推断对方的意图、信念与心理状态(Abe et al., 2019; Vogeley, 2017)。这种对他人心智的实时解读与共享,会催化自我-他人重叠的心理表征,使个体感到双方在认知与情感上融为一体。研究证实,与他人同步行动本身便是促进这种认知融合的有效途径(Lumsden et al., 2014)。在神经层面,自我-他人重叠的特异性表征已在 LTPJ 等脑区被发现(Ferrucci et al., 2022; Wittmann et al., 2016),该脑区与区分自我和他人心理状态的能力密切相关(Arora et al., 2015)。这与本研究的发现相呼应:LTPJ 的神经活动可能通过增强伴侣在合作中推断彼此意图的能力,促进认知融合,进而推动关系承诺的提升,最终强化双方之间的心智联结(Alcalá-López et al., 2019)。

综上所述,本研究进一步揭示,在联合任务中, δ 波段在左颞顶交界区的脑间同步可能通过增强自我-他人重叠,进而提升亲密关系中的承诺水平。该路径尤其依赖与社会认知密切相关的心智化脑网络——这些脑区支持个体实时解读并共享互动对象的意图与情绪状态,从而促进双方在认知层面的融合。这些发现共同勾勒出“神经同步-心理融合-关系承诺”的影响路径,为理解人际协调如何塑造并维持亲密关系,提供了神经心理机制解释。

7. 不足与展望

尽管本研究为理解人际神经同步通过行为协调与自我-他人重叠影响亲密承诺的双路径模提供了证据,但仍存在若干局限。在实验设计上,任务较为简单且限制了自然交流,可能未能充分激发心理化系统的参与,影响生态效度,未来可采用更开放、动态的互动任务(如合作创意构建、自由舞蹈或包含冲突与协商的游戏)以更全面地捕捉两个系统在真实互动中的协同模式;在测量技术上,脑电图的空间分辨率有限,制约了对深层脑区活动的精确解析,以后可结合 fNIRS 或高密度 EEG 与 MRI 将有助于更精准定位相关脑网络;在分析维度上,当前主要关注特定频段与脑区,未来可拓展至多频段、全脑网络分析,并探索神经活动的因果流向。最后,本研究以情侣为样本,结论在不同关系类型或群体中的普适性仍需进一步验证。通过多模态、生态化情境下考察更广泛的神经指标与人群,有望深化对社会互动神经机制的理解。

参考文献

- Abe, M. O., Koike, T., Okazaki, S., Sugawara, S. K., Takahashi, K., Watanabe, K. et al. (2019). Neural Correlates of Online Cooperation during Joint Force Production. *NeuroImage*, 191, 150-161. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.02.003>
- Agnew, C. R., Van Lange, P. A. M., Rusbult, C. E., & Langston, C. A. (1998). Cognitive Interdependence: Commitment and the Mental Representation of Close Relationships. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 939-954. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.4.939>
- Alcalá-López, D., Vogeley, K., Binkofski, F., & Bzdok, D. (2019). Building Blocks of Social Cognition: Mirror, Mentalize, Share? *Cortex*, 118, 4-18. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.05.006>
- Angioletti, L., & Balconi, M. (2022). Delta-Alpha EEG Pattern Reflects the Interoceptive Focus Effect on Interpersonal Motor Synchronization. *Frontiers in Neuroergonomics*, 3, Article 1012810. <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2022.1012810>
- Aron, A., Aron, E. N., & Smollan, D. (1992). Inclusion of Other in the Self Scale and the Structure of Interpersonal Closeness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63, 596-612. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.63.4.596>
- Aron, A., Aron, E. N., Tudor, M., & Nelson, G. (1991). Close Relationships as Including Other in the Self. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 241-253. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.60.2.241>
- Arora, A., Weiss, B., Schurz, M., Aichhorn, M., Wieshofer, R. C., & Perner, J. (2015). Left Inferior-Parietal Lobe Activity in Perspective Tasks: Identity Statements. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, Article 360. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00360>
- August, K. J., Wismar, A., & Markey, C. H. (2023). Marriage, Romantic Relationships, and Health. In H. S. Friedman, & C.

- H. Markey (Eds.), *Encyclopedia of Mental Health* (pp. 359-368). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91497-0.00026-6>
- Babiloni, F., & Astolfi, L. (2014). Social Neuroscience and Hyperscanning Techniques: Past, Present and Future. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *44*, 76-93. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.07.006>
- Balconi, M., & Vanutelli, M. E. (2018). EEG Hyperscanning and Behavioral Synchronization during a Joint Actions. *Neuropsychological Trends*, *24*, 23-47. <https://doi.org/10.7358/neur-2018-024-balc>
- Bernieri, F. J., Gillis, J. S., Davis, J. M., & Grahe, J. E. (1996). Dyad Rapport and the Accuracy of Its Judgment across Situations: A Lens Model Analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*, *71*, 110-129.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.71.1.110>
- Branand, B., Mashek, D., & Aron, A. (2019). Pair-Bonding as Inclusion of Other in the Self: A Literature Review. *Frontiers in Psychology*, *10*, Article 2399. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02399>
- Burgess, A. B. (2013). On the Interpretation of Synchronization in EEG Hyperscanning Studies: A Cautionary Note. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, Article 881.
- Szymanski, C., Pesquita, A., Brennan, A. A., Perdakis, D., Enns, J. T., Brick, T. R. et al. (2017). Teams on the Same Wavelength Perform Better: Inter-Brain Phase Synchronization Constitutes a Neural Substrate for Social Facilitation. *NeuroImage*, *152*, 425-436. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.03.013>
- Lin, C., Lin, X., Lian, W., Zhang, W., & Peng, W. (2024). Brains in Sync, Friends in Empathy: Interbrain Neural Mechanisms Underlying the Impact of Interpersonal Closeness on Mutual Empathy. *Proceedings of the Royal Society B*, *291*, Article ID: 20241326.
- Cui, X., Baker, J. M., Liu, N., & Reiss, A. L. (2015). Sensitivity of fNIRS Measurement to Head Motion: An Applied Use of Smartphones in the Lab. *Journal of Neuroscience Methods*, *245*, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2015.02.006>
- Czeszumski, A., Eustergerling, S., Lang, A., Menrath, D., Gerstenberger, M., Schuberth, S. et al. (2020). Hyperscanning: A Valid Method to Study Neural Inter-Brain Underpinnings of Social Interaction. *Frontiers in Human Neuroscience*, *14*, Article 39. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00039>
- Czeszumski, A., Liang, S. H., Dikker, S., König, P., Lee, C., Koole, S. L. et al. (2022). Cooperative Behavior Evokes Interbrain Synchrony in the Prefrontal and Temporoparietal Cortex: A Systematic Review and Meta-Analysis of fNIRS Hyperscanning Studies. *ENEURO*, *9*, ENEURO.0268-21.2022. <https://doi.org/10.1523/eneuro.0268-21.2022>
- Dumas, G., Moreau, Q., Tognoli, E., & Kelso, J. A. S. (2019). The Human Dynamic Clamp Reveals the Fronto-Parietal Network Linking Real-Time Social Coordination and Cognition. *Cerebral Cortex*, *30*, 3271-3285.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhz308>
- Fairhurst, M. T., Tajadura-Jiménez, A., Keller, P. E., & Deroy, O. (2023). You, Me, and US: Maintaining Self-Other Distinction Enhances Coordination, Agency, and Affect. *iScience*, *26*, Article ID: 108253. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.108253>
- Feldman, R. (2017). The Neurobiology of Human Attachments. *Trends in Cognitive Sciences*, *21*, 80-99.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.11.007>
- Ferrucci, L., Nougaret, S., Falcone, R., Cirillo, R., Ceccarelli, F., & Genovesio, A. (2022). Dedicated Representation of Others in the Macaque Frontal Cortex: From Action Monitoring and Prediction to Outcome Evaluation. *Cerebral Cortex*, *32*, 891-907. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhab253>
- Fishburn, F. A., Murty, V. P., Hlutkowsky, C. O., MacGillivray, C. E., Bemis, L. M., Murphy, M. E. et al. (2018). Putting Our Heads Together: Interpersonal Neural Synchronization as a Biological Mechanism for Shared Intentionality. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *13*, 841-849. <https://doi.org/10.1093/scan/nsy060>
- Fitzpatrick, P., Mitchell, T., Schmidt, R. C., Kennedy, D., & Frazier, J. A. (2019). Alpha Band Signatures of Social Synchrony. *Neuroscience Letters*, *699*, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.01.037>
- Gallina, J., Ronconi, L., Marsicano, G., & Bertini, C. (2024). Alpha and Theta Rhythm Support Perceptual and Attentional Sampling in Vision. *Cortex*, *177*, 84-99. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2024.04.020>
- Hao, S., Xiaojin, W., Xiaomin, Z., Jiali, P., Xiaoqiang, Z., & Xiaoshuang, S. (2022). Transcranial Direct Current Stimulation of the LTPJ Shifts the Agent's Behaviors in Repeated Hold-Up Game. *Neuroscience Research*, *181*, 79-86.
<https://doi.org/10.1016/j.neures.2022.05.002>
- Hu, Y., Cheng, X., Pan, Y., & Hu, Y. (2022). The Intrapersonal and Interpersonal Consequences of Interpersonal Synchrony. *Acta Psychologica*, *224*, Article ID: 103513. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2022.103513>
- Hu, Y., Hu, Y., Li, X., Pan, Y., & Cheng, X. (2017). Brain-to-Brain Synchronization across Two Persons Predicts Mutual Prosociality. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *12*, 1835-1844. <https://doi.org/10.1093/scan/nsx118>
- Jiang, J., Dai, B., Peng, D., Zhu, C., Liu, L., & Lu, C. (2012). Neural Synchronization during Face-to-Face Communication. *The Journal of Neuroscience*, *32*, 16064-16069. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2926-12.2012>
- Lachaux, J., Rodriguez, E., Martinerie, J., & Varela, F. J. (1999). Measuring Phase Synchrony in Brain Signals. *Human Brain*

- Mapping*, 8, 194-208. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0193\(1999\)8:4<194::aid-hbm4>3.0.co;2-c](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0193(1999)8:4<194::aid-hbm4>3.0.co;2-c)
- Lang, M., Bahna, V., Shaver, J. H., Reddish, P., & Xygalatas, D. (2017). Sync to Link: Endorphin-Mediated Synchrony Effects on Cooperation. *Biological Psychology*, 127, 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.06.001>
- Lu, H., Wang, X., Zhang, Y., Huang, P., Xing, C., Zhang, M. et al. (2023). Increased Interbrain Synchronization and Neural Efficiency of the Frontal Cortex to Enhance Human Coordinative Behavior: A Combined Hyper-tES and fNIRS Study. *NeuroImage*, 282, Article ID: 120385. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120385>
- Lumsden, J., Miles, L. K., & Macrae, C. N. (2014). Sync or Sink? Interpersonal Synchrony Impacts Self-Esteem. *Frontiers in Psychology*, 5, Article 1064. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01064>
- McEllin, L., Felber, A., & Michael, J. (2022). The Fruits of Our Labour: Interpersonal Coordination Generates Commitment by Signalling a Willingness to Adapt. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 76, 147-159. <https://doi.org/10.1177/17470218221079830>
- Meyer, M., & Hunnius, S. (2020). Becoming Better Together: The Early Development of Interpersonal Coordination. *Progress in Brain Research*, 254, 187-204.
- Michael, J., Sebanz, N., & Knoblich, G. (2016). Observing Joint Action: Coordination Creates Commitment. *Cognition*, 157, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.08.024>
- Miles, L. K., Nind, L. K., & Macrae, C. N. (2009). The Rhythm of Rapport: Interpersonal Synchrony and Social Perception. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45, 585-589. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2009.02.002>
- Müller, V., Sängler, J., & Lindenberger, U. (2013). Intra- and Inter-Brain Synchronization during Musical Improvisation on the Guitar. *PLOS ONE*, 8, e73852. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073852>
- Pan, Y., Cheng, X., Zhang, Z., Li, X., & Hu, Y. (2016). Cooperation in Lovers: An fNIRS-Based Hyperscanning Study. *Human Brain Mapping*, 38, 831-841. <https://doi.org/10.1002/hbm.23421>
- Barraza, P., Pérez, A., & Rodríguez, E. (2020). Brain-to-Brain Coupling in the Gamma-Band as a Marker of Shared Intentionality. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, Article 295. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00295>
- Reindl, V., Wass, S., Leong, V., Scharke, W., Wistuba, S., Wirth, C. L. et al. (2022). Multimodal Hyperscanning Reveals That Synchrony of Body and Mind Are Distinct in Mother-Child Dyads. *NeuroImage*, 251, Article ID: 118982. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.118982>
- Rennung, M., & Göritz, A. S. (2016). Prosocial Consequences of Interpersonal Synchrony. *Zeitschrift für Psychologie*, 224, 168-189. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000252>
- Rusbult, C. E. (1980). Commitment and Satisfaction in Romantic Associations: A Test of the Investment Model. *Journal of Experimental Social Psychology*, 16, 172-186. [https://doi.org/10.1016/0022-1031\(80\)90007-4](https://doi.org/10.1016/0022-1031(80)90007-4)
- Rusbult, C. E. (1983). A Longitudinal Test of the Investment Model: The Development (and Deterioration) of Satisfaction and Commitment in Heterosexual Involvements. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 101-117. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.1.101>
- Rusbult, C. E., Verette, J., Whitney, G. A., Slovik, L. F., & Lipkus, I. (1991). Accommodation Processes in Close Relationships: Theory and Preliminary Empirical Evidence. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 53-78. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.60.1.53>
- Shiraishi, M., & Shimada, S. (2021). Inter-Brain Synchronization during a Cooperative Task Reflects the Sense of Joint Agency. *Neuropsychologia*, 154, Article ID: 107770. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107770>
- Sternberg, R. J. (1986). A Triangular Theory of Love. *Psychological Review*, 93, 119-135. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.93.2.119>
- Vogel, K. (2017). Two Social Brains: Neural Mechanisms of Intersubjectivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372, Article ID: 20160245. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0245>
- Wanjo Park, M. H. J. M. (2024). Alpha Interbrain Synchrony during Mediated Interpersonal Touch. *PLOS ONE*, 19, e300128
- Wittmann, M. K., Kolling, N., Faber, N. S., Scholl, J., Nelissen, N., & Rushworth, M. F. S. (2016). Self-Other Mergence in the Frontal Cortex during Cooperation and Competition. *Neuron*, 91, 482-493. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.06.022>
- Yang, M., Li, X., Sang, B., & Deng, X. (2023). Age Differences in Interbrain Synchronization during Peer Cooperation: An EEG Hyperscanning Study. *Cerebral Cortex*, 33, 10614-10623. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhad308>
- Yin, F., & Goller, T. (2024). Embodied Schema Information Processing Theory: An Underlying Mechanism of Embodied Cognition in Communication. *Communication Theory*, 34, 154-165. <https://doi.org/10.1093/ct/qtac010>
- Zhao, Q., Zhao, W., Lu, C., Du, H., & Chi, P. (2024). Interpersonal Neural Synchronization during Social Interactions in Close Relationships: A Systematic Review and Meta-Analysis of fNIRS Hyperscanning Studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 158, Article ID: 105565. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.105565>