

Nervenarzt 2021 · 92:925–932

<https://doi.org/10.1007/s00115-021-01161-6>

Angenommen: 27. Mai 2021

Online publiziert: 12. Juli 2021

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

Peter Praus¹ · Edda Bilek¹ · Nathalie E. Holz² · Urs Braun¹¹ Zentralinstitut für Seelische Gesundheit, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Medizinische Fakultät Mannheim, Universität Heidelberg, Mannheim, Deutschland² Zentralinstitut für Seelische Gesundheit, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters, Medizinische Fakultät Mannheim, Universität Heidelberg, Mannheim, Deutschland

Die Domäne „soziale Prozesse“ im System der Research Domain Criteria: aktueller Stand und Perspektive

Hintergrund

Soziale Interaktion ist zentral für das menschliche Zusammenleben und ein wesentlicher Faktor für psychisches Wohlbefinden und Gesundheit. Bezüglich Diagnostik und Therapie in der Psychiatrie spielen soziale Interaktionen eine wesentliche Rolle. Störungen der sozialen Interaktion bestimmen maßgeblich und diagnoseübergreifend die Funktionalität, Integration in den Alltag und den Krankheitsverlauf. Dies erfordert somit transdiagnostische Forschungsansätze, um die zugrunde liegenden neurobiologischen Systeme und Prozesse zu identifizieren.

Die in Research Domain Criteria (RDoC) beschriebene Domäne „soziale Prozesse“ versucht, die große Komplexität sozialen Verhaltens in besser operationalisierbare und analysierbare Subprozesse aufzugliedern und so eine bessere Ausrichtung entlang (neuro-)biologischer Kategorien zu erlauben. Eine Übersicht der einzelnen Substrukturen, ihrer klinischen Relevanz und der

Hauptbefunde der Analyseeinheiten gibt

■ **Tab. 1.**

Dieser Artikel gibt entlang der vorgeschlagenen Domänen eine (selektive) Übersicht über die grundlagenwissenschaftlichen Erkenntnisse einerseits und klinisch-angewandten Forschungsarbeiten andererseits. Dabei werden zunächst für die einzelnen Subdomänen wesentliche Erkenntnisse diskutiert, bevor neuere Forschungsansätze im Bereich der sozialen Neurowissenschaften exemplarisch aufgezeigt werden.

Zugehörigkeit und Bindung

Die Fähigkeit, positive, reziproke soziale Beziehungen zu initiieren, einzugehen und aufrecht zu erhalten, ist ein zentrales Verhaltensmerkmal von Säugetieren. Beim Menschen reicht die Bandbreite dieses Bindungserlebens von der Zugehörigkeit zu sozialen (Sub-)Gruppen bis hin zu Paar- und Eltern-Kind-Beziehungen. Störungen können sich u. a. in Form von Bindungsstörungen des Kindesalters und vielfältiger Folgen sozialer Deprivation manifestieren.

Entwicklung über die Lebensspanne

Die zugrunde liegenden neurobiologischen Systeme werden dabei bereits pränatal und in der frühen Kindheit in kritischen bzw. vulnerablen Phasen zunächst durch die Eltern-Kind-Beziehung, spä-

ter auch durch das Verhältnis zu Gleichaltrigen, geprägt [11]. Dementsprechend wirkt sich ein positives frühes Bindungsverhalten protektiv über die Lebensspanne aus [14]. Bereits früh lassen sich somit Auffälligkeiten im Bindungs- und Zugehörigkeitsverhalten bei Kindern beschreiben, die – wie im Falle von Autismuspektrumsstörungen – auch lebenslang im Sinne einer Störung fortbestehen können. Die Bedeutung von Bindung und sozialer Nähe für die psychische Gesundheit zeigt sich auch in den psychosozialen Auswirkungen der derzeitigen Kontaktbeschränkungen im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie [18]. Insbesondere Einsamkeit stellt hier wahrscheinlich einen relevanten Risikofaktor für eine Abnahme subjektiven Wohlbefindens im Zusammenhang mit der Pandemiesituation dar [28], während darüber hinaus gerade Personen, die vor der Pandemie nicht an einer psychischen Störung erkrankt waren, vor dem Hintergrund der COVID-19-Pandemie eine Zunahme psychischer Beschwerden erlebten [23].

Neuropeptide

Den Neuropeptiden Oxytocin (OXT) und Vasopressin (VTP) kommt eine zentrale Rolle bei Vermittlung von Zugehörigkeit und Bindung zu [21]. Die Synthese von OXT/VTP erfolgt in den magnozellulären Neuronen in den paraventriculären und supraoptischen Nu-



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Tab. 1 Übersicht über die (Sub-)Konstrukte der RDoC-Domäne „soziale Prozesse“, ihre Analyseeinheiten und klinischen Manifestationen^a

Konstrukt (deutsch)	Definition	Moleküle	Zellen	Schaltkreise	Physiologie	Verhalten	Fragebögen	Paradigmen	Klinische Manifestation/Symptome	Beteiligte kategoriale Krankheitsentitäten
Zugehörigkeit und Bindung	Affiliation bezeichnet das Eingehen sozialer Interaktionen mit Mitmenschen Attachment beschreibt das Eingehen selektiver Interaktionen im Sinne einer engeren Beziehung zu Mitmenschen	Oxytocin, Vasopressin, Dopamin	Magnocellular cell	Amygdala, OFC, Nucleus accumbens	HPA-Achse, Sympathikus/Parasympathikus	Trennungsangst, Eigen-/Fremdgruppe	Attachment Style Interview, Adult Attachment Interview, Rejection Sensitivity Questionnaire	„Cyberball“	Sozialer Rückzug Soziale Anhedonie Bindungsstörungen	BPS, ASS, Schizophrenie, soziale Phobie, Major-Depression, PTSD
Soziale Kommunikation	Soziale Kommunikation beschreibt die rezeptiven und produktiven Aspekte in Bezug auf sozial relevanten Informationsaustausch mit Mitmenschen	Oxytocin, Vasopressin, Dopamin, Serotonin, GABA, Testosteron	Spiegelneurone, gesichtsselektive Neurone	V1-FFA-STS, OFC-ACC-Amygdala-Striatum	EMG, EEG, ECoG, „eye tracking“	Gestik/Mimik, Blickkontakt, Prosodie, Erkennen impliziter und kontextbezogener Kommunikationsregeln, Sprachpragmatik	Social Responsiveness Scale	„Hyper-scanning“, „face-to-face proximity“	Sozial unangemessene Kon-taktaufnahme, Meiden von Blickkontakt, geringe oder	ASS, Schizophrenie, BPS, PTBS, schwere Persönlichkeitsstörungen
Wahrnehmung und Verständnis – Selbst und Verstandnis – eigenes emotionales oder kognitiven Zustand bzw. Fähigkeiten zu gewinnen bzw. sich dessen bewusst zu sein	Wahrnehmung und Verständnis – Selbst umfasst Prozesse, die dazu dienen, Informationen oder Urteile über den eigenen emotionalen oder kognitiven Zustand bzw. Fähigkeiten zu gewinnen	–	Von-Ec-nomoneurone	SMA-somatosensory-premotor, Präkuneus	Motorische Potenziale	Kontrollüberzeugung, Selbstwahrnehmung, Verhaltensstereotypen	Perceptual Aberration Scale, Toronto Alexithymia Scale	Körpertausch-illusionen	Halluzinationen, Wahn, Ich-Störungen, Identitätsstörungen, Angststörungen, Schizophreniespektrumstörungen	ASS, Zwangsstörungen, BPS, generalisierte Angststörungen, Schizophreniespektrumstörungen
Wahrnehmung und Verständnis – andere	Wahrnehmung und Verständnis – andere umfasst Prozesse, die dazu dienen, Informationen und Urteile über den emotionalen oder kognitiven Zustand bzw. Fähigkeiten anderer zu gewinnen	Oxytocin, Vasopressin	Spiegelneurone	TPJ, MPFC	Mu-Oszillationen	Emotionserkennung, Erkennen von Zielen/Absichten des Gegenübers, Imitation/Mimikry	Empathy quotient	Reading the Mind in the Eye Test	Wahn, Halluzinationen, Defizite der Emotionserkennung	ASS, Schizophreniespektrumstörungen, BPS, schwere Persönlichkeitsstörungen

^aACC anteriorer zingulärer Kortex, ASS Autismusspektrumstörung, BPS Borderline-Persönlichkeitsstörung, ECoG Elektrokortikographie, EEG Elektroenzephalographie, FFA „fusiform face area“, GABA γ-Aminobuttersäure, HPA-Achse Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse, MPFC medialer präfrontaler Kortex, OFC orbitofrontaler Kortex, PTSD posttraumatische Belastungsstörung, RDoC Research Domain Criteria, SMA „supplementary motor area“, STS „superior temporal sulcus“, TPJ temporo-parietaler Übergang, V1 „visual cortex“
^bDie Tabelle führt exemplarisch einige relevante Aspekte auf, sie ist in ihrer Konzeption nicht auf Vollständigkeit ausgelegt

klei des Hypothalamus. Neben axonalen Projektionen in die Hypophyse, wo eine systemische Freisetzung erfolgt, bestehen auch direkte axonale Verbindungen zu Hirnregionen, die bei sozialen Interaktionen eine wesentliche Rolle spielen, wie das Striatum, die Amygdala und der Hippokampus. Darüber hinaus erfolgt eine lokale Freisetzung in den extrazellulären Raum. OXT beeinflusst dabei über Interaktion mit dem dopaminergen System sowohl die Präferenz für als auch die Aufrechterhaltung von Bindungen, indem es die Salienz sozialer Reize und das Belohnungsempfinden für soziale Handlungen moduliert. So scheint für die initiale Präferenz die Stimulation von Dopamin-D2-Rezeptoren ausschlaggebend zu sein, während D1-vermittelte Effekte zur langfristigen Bindung an Individuen beitragen [8].

Studien konzentrierten sich bislang eher auf die interventionelle (intranasale) OXT-Gabe, da eine direkte Bestimmung von OXT im Zentralnervensystem sehr aufwendig ist und eine geringe Assoziation zwischen peripheren und zerebralen OXT-Konzentrationen besteht. Insgesamt zeigt die akute Gabe von OXT eine unselektive positive Wirkung auf Bindungs- und Zugehörigkeitsverhalten, was aber die Bedeutung und Wahrnehmung sozialer Reize generell verändert [21] und diesbezüglich auch zu negativen Effekten wie erhöhter Aggressivität gegenüber Nichtgruppenmitgliedern führen kann [32].

Neuronale Strukturen

Die menschlichem Bindungsverhalten zugrunde liegenden Schaltkreise umfassen insbesondere Amygdala, Hippokampus, Striatum, anteriores Zingulum (ACC), den medialen temporalen Kortex, den ventromedialen präfrontalen Kortex (VMPFC) und die Area tegmentalis ventralis [11]. Diese agieren entsprechend der Komplexität von Bindungsverhalten, das soziale Wahrnehmung, Belohnungserleben, motivationales Handeln und Hemmung von Angst umfasst, als Teil des sog. „sozialen Gehirns“. Mit diesem Begriff werden heute fünf neuronale Subnetzwerke beschrieben, bestehend aus Bindungs-

Wahrnehmungs-, Ablehnungs-, Spiegelneuronen- und Mentalisierungsnetzwerk, die die Grundlage für soziale Prozesse bilden. Für eine Übersicht über das soziale Gehirn sei hier auf eine kürzlich erschienene Übersichtsarbeit von Holz und Meyer-Lindenberg verwiesen [15].

Soziale Kommunikation

Soziale Kommunikation im Sinne der RDoC-Klassifikation umfasst sowohl rezeptive als auch produktive, aktiv-gestalterische Elemente, die dem Austausch sozialer Signale und Informationen sowie einer stabilen Integration des Individuums in seiner sozialen Umgebung dienen. Grundlegend für die Unterscheidung von anderen kognitiven Systemen ist ein reziproker Austausch des Individuums mit seiner Umwelt. Hierbei müssen fortwährend Informationseinheiten unterschiedlichster Modalitäten (z. B. visuelle und auditive) verarbeitet und auf neuronaler Ebene integriert werden. Insofern ist bei den meisten psychischen Störungen auch veränderte soziale Kommunikation beobachtbar. Klassischerweise zeichnen sich beispielsweise Autismusspektrumstörungen durch überdauernde qualitative und quantitative Alterationen der sozialen Kommunikation aus, die geradezu definierenden Charakter für das Störungsbild aufweisen und die im Hinblick auf Diagnostik und Therapie bereits heute nutzbar sind. Doch auch episodisch verlaufende Störungen wie psychotische oder affektive Erkrankungen können zu fulminanten Beeinträchtigungen der sozialen Kommunikation führen.

» Von entscheidender Bedeutung sind „facial“ und „non-facial communication“

Von entscheidender Bedeutung für eine funktionale emotionale soziale Kommunikation, auf die sich der folgende Abschnitt konzentriert, sind die Fähigkeiten, mithilfe von Gesichtsausdrücken emotionale Zustände auszudrücken bzw. die Mimik des Gegenübers korrekt zu deuten („facial communication“) sowie soziale und emotionale Signale

Nervenarzt 2021 · 92:925–932 <https://doi.org/10.1007/s00115-021-01161-6>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

P. Praus · E. Bilek · N. E. Holz · U. Braun

Die Domäne „soziale Prozesse“ im System der Research Domain Criteria: aktueller Stand und Perspektive

Zusammenfassung

Soziale Prozesse und ihre Störungen, z. B. bei Autismusspektrumstörungen und psychotischen Störungen, sind seit jeher zentral für das Fach Psychiatrie. Die letzten Jahrzehnte haben zu beeindruckenden Fortschritten in unserem Verständnis der zugrunde liegenden neurobiologischen Grundlagen geführt, aber auch in der Art und Weise, wie wir soziale Prozesse untersuchen und analysieren. Seit ihrer Einführung bieten die Research Domain Criteria ein leistungsstarkes Rahmenwerk für die Operationalisierung und Unterteilung komplexer sozialer Prozesse in einer Weise, die sowohl neurobiologisch orientierte als auch klinische Ansätze zulässt. In diesem Artikel fassen wir die wichtigsten Erkenntnisse für jedes der vier grundlegenden Konstrukte der Domäne sozialer Prozesse zusammen und diskutieren sie: (a) Zugehörigkeit und Bindung, (b) soziale Kommunikation, (c) Wahrnehmung und Verständnis des Selbst

und (d) Wahrnehmung und Verständnis anderer. Dabei heben wir insbesondere die klinische Relevanz der Erkenntnisse hervor, die auf dem Gebiet der sozialen Neurowissenschaften gewonnen wurden, und diskutieren die daraus resultierende zunehmende Bedeutung transdiagnostischer Konzepte in der angewandten Forschung. Schließlich stellen wir drei innovative Forschungsmethoden vor, die auf den sich beschleunigenden technologischen Fortschritten des letzten Jahrzehnts aufbauen und es zunehmend ermöglichen, komplexe soziale Interaktionen auch unter realistischeren und alltagsnäheren Bedingungen zu untersuchen.

Schlüsselwörter

Soziale Neurowissenschaften · Soziale Interaktion · Wahrnehmung und Verständnis · Transdiagnostik · Mobile Sensorensysteme

The domain “social processes” in the system of research domain criteria: current state and perspectives

Abstract

Social processes and their dysfunction, e.g. in autism spectrum disorders and psychotic disorders, have always been at the core of psychiatry. The last decades have led to impressive advances in our understanding of the underlying neurobiological mechanisms and also in the way we study and analyze social processes. Since their establishment, the research domain criteria have provided a powerful framework of how to operationalize and subdivide complex social processes in a way that it closely aligns to underlying neurobiological substrates while still enabling clinical approaches. In this article we summarize and discuss the most important findings for each of the four fundamental constructs of the social processes domain (a) binding and attachment, (b) social communication,

(c) perception and understanding of self and (d) perception and understanding of others. We highlight the clinical relevance of the insights generated by the field of social neurosciences and discuss the resulting increasing importance of transdiagnostic concepts in applied research. Finally, we showcase three innovative research methods that build on the accelerating technological advances of the last decade and which will increasingly enable the study of complex social interactions in more realistic and ecologically valid settings.

Keywords

Social neurosciences · Social interaction · Perception and understanding · Transdiagnostics · Mobile sensor systems

durch nichtmimische Ausdrucksformen („non-facial communication“) zu produzieren und zielführend zu interpretieren.

Auf molekularer Ebene haben sich eine Fülle von Neurotransmittern mit pleiotropen Effekten als bedeutsam für die Ausbildung und Aufrechterhaltung

einer funktionalen sozialen Kommunikation erwiesen, u. a. Dopamin, Serotonin und GABA [20], aber auch Sexualhormone und Peptidhormone wie z. B. VTP und OXT [21]. Vor allem für die Emotionserkennung wurde die Relevanz spezialisierter neuronaler Zelltypen im

Sinne sog. „Spiegelneuronen“ [27] und gesichtsselektiver Neuronen („face selective neurons“) gezeigt. Letztere wurden in verschiedenen Hirnregionen, z. B. dem Sulcus temporalis superior (STS) und dem Gyrus fusiformis („fusiform face area“, FFA) sowie der Amygdala nachgewiesen, die funktionell in Netzwerke der Emotionserkennung eingebunden sind [12]. Störungen der sozialen Kommunikation bei Autismusspektrumstörungen könnten somit beispielsweise auf Beeinträchtigungen grundlegender visueller Verarbeitungsprozesse [22], aber auch – in Tiermodellen finden sich entsprechende Hinweise – auf einer gestörten Verarbeitung von Belohnungsreizen beruhen [17]. Ferner sind Verbindungen zwischen dem orbitofrontalen Kortex (OFC), dem Gyrus cinguli (anteriorer zingulärer Kortex, ACC), der Amygdala und dem Striatum sowie zwischen Amygdala und Hirnstamm bei der Aufrechterhaltung grundlegender Fertigkeiten der sozialen Kommunikation relevant [25]. Auch weitere physiologische Parameter wie Atemfrequenz, Herzfrequenz, Blutdruckverlauf, Pupillometrie, Blickerfassung („eye tracking“), implizite behaviorale Mimikry und Gesicht-EMG können darüber hinaus zur „Phänotypisierung“ von Kommunikationsprozessen genutzt werden. Somit können hochkomplexe mehrdimensionale Datensätze gewonnen und anhand von Fragebögen, wie der Social Responsiveness Scale zur quantitativen Erfassung des sozialen Funktionsniveaus bei Autismusspektrumstörungen, ergänzt werden.

Wahrnehmung und Verständnis – Selbst

Hierunter ist im Sinne der RDoC-Matrix eine Kombination mentaler Repräsentationen oder innerer Prozesse zu verstehen, die es dem Individuum erlauben, sich seiner selbst bewusst zu sein, Informationen über das eigene Selbst zu gewinnen und Urteile darüber zu bilden. Diese Prozesse beruhen u. a. auf Kognitionen, inneren mentalen und/oder emotionalen Zuständen, Mechanismen des Selbstmonitorings und der Bewusstseinsbildung. Derzeit werden

zwei Subkonstrukte definiert: „agency“, also Selbstwirksamkeit und Kontrollüberzeugung, sowie „self-knowledge“, was Selbsterkenntnis im Sinne einer Hinwendung des Erkennens auf das eigene Ich beschreibt.

„Agency“

Das Subkonstrukt „agency“ wurde neurobiologisch v. a. durch motorische (Fehl-)Funktionen untersucht. Zudem berührt das Konzept der „agency“ im weiteren Sinne auch Fragen nach der Freiheit der Willensbildung, moralischer Verantwortung und Schuld. Aus klinischer Sicht illustrieren psychotische Störungen in geradezu paradigmatischer Weise, wie psychische Erkrankungen die Gewissheit, der Urheber der eigenen Handlungen zu sein, infrage stellen können. Auch andere relevante psychische Störungsbilder, z. B. die Borderline-Störung und dissoziative Syndrome, zeichnen sich bekanntermaßen durch Anomalien von Kontrollüberzeugungen hinsichtlich des eigenen Handelns aus. Dabei wurden Inselkortex und Putamen sowie prämotorische (preSMA, SMA), primär somatosensorische und motorische Hirnregionen als relevant identifiziert [25].

» „Agency“ ist ein heterogenes Konstrukt aus Erfahrung, Kognition und mentalen Prozessen

Im Hinblick auf intentionale Handlungen werden mittlerweile unterschiedliche Netzwerke diskutiert, deren koordinierte, spatiotemporale Aktivierung essenziell für Planung, Ausführung und Bewertung gerichteter Handlungen sein könnte. Ferner könnten in Bezug auf das sog. „Action-feedback“-Monitoring Regionen in Zerebellum, Gyrus angularis und Gyrus temporalis medius relevant sein [35]. Zerebrale Aktivierungsmuster sind auch mit elektrophysiologischen Methoden wie Elektrokortikographie oder Elektroenzephalographie (EEG) einer Charakterisierung zugänglich und es lassen sich entwicklungsbiologische

Fragestellungen hinsichtlich der Entstehung von „agency“ im Verlauf der (früh-)kindlichen Entwicklung bearbeiten [39].

Fragebogeninstrumente wie die Perceptual Aberration Scale stehen ergänzend zur Verfügung, obgleich ihre Korrelation mit Task-basierten Messinstrumenten im Lichte jüngerer Daten fraglich erscheint [9]. Ausschlaggebend hierfür könnte der Umstand sein, dass „agency“ ein heterogenes Konstrukt bestehend aus Erfahrungen, Kognitionen und mentalen Prozessen darstellt, was dessen Operationalisierung erschwert.

„Self-knowledge“

Das Subkonstrukt „self-knowledge“ wird auf zellulärer Ebene mit sog. von-Econo-Neuronen (VEN) im frontoinsulären Kortex (FI) und ACC assoziiert. Neuere Untersuchungen legen allerdings eher eine Zuordnung zu einem Cluster spezialisierter, exzitatorischer Neurone nahe [13]. Solide replizierte funktionelle Bildgebungsdaten zeigen, dass vor allem der ventromediale Präfrontalkortex (VMPFC) bei der Selbstreflexion eine Rolle spielt [34]. Bei der Wahrnehmung des Selbst im sozialen Kontext sind vor allem das Mentalisierungsnetzwerk, bestehend aus VMPFC, posteriorem Zingulum, Präkuneus und temporoparietalem Übergang (TPJ), als auch das Spiegelneuronensystems, welches den posterioren superioren temporalen und intraparietalen Sulcus umfasst, beteiligt [26, 37]. Entsprechende Dysfunktionen in diesen Netzwerken lassen sich sowohl bei Autismusspektrumstörungen als auch bei Schizophrenie feststellen [15], wobei hier Veränderungen sozialer Wahrnehmungsprozesse sicher zur gestörten Informationsintegration auf höherer Ebene beitragen.

Elektrophysiologische Methoden, wie z. B. Task-basiertes und Ruhe-EEG, sowie eine Reihe psychometrischer Instrumente können ergänzend zur Beschreibung von Selbstwahrnehmungsprozessen beitragen.

Wahrnehmung und Verständnis – andere

Hierunter zählen mentale Prozesse, die es dem Individuum ermöglichen, Informationen über sein Gegenüber sowohl hinsichtlich kognitiver als auch emotionaler Zustände, Eigenschaften und Fertigkeiten zu gewinnen und diese zu beurteilen. Derzeit wird eine Untergliederung in drei Subkonstrukte vorgeschlagen:

- Wahrnehmung von Belebtheit („animacy perception“),
- Wahrnehmung von Handlung („action perception“) und
- Verstehen mentaler Zustände bzw. Mentalisierungsfähigkeit („understanding mental states“).

Mentale Zustände umfassen im Sinne der RDoC-Matrix ein breit definiertes Konglomerat von Absichten, Emotionen, Wünschen und Vorstellungen. Insbesondere anhand von Autismusspektrumstörungen, aber auch Schizophreniespektrumstörungen lässt sich die Bedeutung dieses Konstrukts im klinischen Kontext eindrucksvoll belegen.

„Animacy perception“

„Animacy perception“, also die Fähigkeit andere als kontingent agierende, interagierende Handlungsträger wahrzunehmen, konnte mithilfe funktioneller Bildgebung mit spezifischen Aktivierungsmustern im ventralen Temporallappen (VTC), dem Sulcus temporalis superior (STS), dem FFA sowie dem okzipitalen Gesichtsareal (OFA) in Verbindung gebracht werden.

„Action perception“

„Action Perception“ ist mit einem bilateralen zerebralen Netzwerk assoziiert, das den FFA, den hinteren und medialen Temporallappen, im Speziellen den STS, preSMA sowie parietale Areale umfasst [2]. Ferner wird die gerichtete Aktivität von Spiegelneuronen im Temporallappen und insbesondere des medialen frontalen Kortex mit der Fähigkeit, die Handlungen anderer als konsistent wahrzunehmen, zu interpretieren und ggf. zu imitieren, assoziiert [27]. Möglicherweise stel-

len über sensomotorischen Kortexarealen elektroenzephalographisch ableitbare Mu-Oszillationen zusätzlich ein vergleichsweise einfach zugängliches Korrelat der Aktivität von Spiegelneuronen dar.

„Understanding mental states“

Die Interpretation und Vorhersage der mentalen Zustände und Handlungen des Gegenübers wird durch die Peptidhormone OXT und VST auf molekularer Ebene entscheidend reguliert [21]. Auf hirnfunktioneller Ebene sind der TPJ und der MPFC bedeutsam. Beide Strukturen können auch als Teil eines sozialen „Interaktionsnetzwerkes“ betrachtet werden, worauf neuere Forschungsergebnisse hinweisen [2]. Die Verarbeitung dynamischer emotionaler Gesichtsausdrücke könnte zudem auf der Aktivität eines ausgedehnten, lateralisierten Netzwerkes, u. a. bestehend aus Kleinhirn, rechtem VMPFC und Gyrus frontalis inferior [29], beruhen. Auf neurophysiologischer Ebene können ereigniskorrelierte Potenziale im EEG zudem ergänzende Informationen liefern. Aus der Fülle an psychometrischen Skalen und Verhaltensexperimenten seien der Empathy Quotient (EQ) und der Reading the Mind in the Eye Test (RMET) erwähnt, die in Spezialambulanzen für Störungen der sozialen Interaktion regelmäßig Anwendung finden und wie im Falle des RMET bereits eine Korrelation mit strukturellen Bildgebungsbefunden gezeigt haben [3].

Kritisch anzumerken bleibt, dass im Einzelfall für jedes verhaltensbasierte Untersuchungsverfahren möglichst genau festgelegt werden muss, welche „Funktion“ (z. B. Emotionserkennung vs. „theory of mind“) dem jeweiligen Paradigma zugrunde gelegt wird.

Perspektive – neue Konzepte zur Erfassung sozialer Funktionen in der Forschung und Klinik

Mit der zunehmenden Digitalisierung und den technologischen Fortschritten wurden in den letzten Jahren neue Möglichkeiten entwickelt, soziale Prozesse auch in lebensnahen Kontextsituationen

und sogar im Alltag zu erfassen. Diesen Methoden ist gemeinsam, dass sie zunehmend realistischere Analysen und Modelle erlauben, um die tatsächliche Komplexität sozialer Prozesse zu quantifizieren. Im Folgenden stellen wir exemplarisch drei dieser neuen Ansätze vor (▣ Abb. 1).

Hyperscanning

Hyperscanning beschreibt eine synchrone Erfassung der Hirnfunktion mehrerer Proband*innen, während diese miteinander interagieren. Dabei sind unterschiedliche Bildgebungsmethoden nutzbar, wie EEG, funktionelle Nahinfrarotspektroskopie oder funktionelle Magnetresonanztomographie, die sich in ihrer zeitlichen und räumlichen Auflösung neuronaler Prozesse sowie ihrer Mobilität und damit ihrer lebensnahen Erfassung sozialer Interaktion unterscheiden.

Eine zentrale Erkenntnis dieses Ansatzes besteht darin, dass sich die Gehirne interagierender Personen synchronisieren [4]. Dies lässt sich insbesondere in Hirnregionen des o. g. „social brain“ sowie dem tempoparietalen Übergang (TPJ) nachweisen [4]. Das Ausmaß der Synchronisierung korreliert mit sozialen Fertigkeiten, sagt aber auch Interaktionserfolg wie Informationstransfer vorher [4].

Erste Untersuchungen an klinischen Patient*innengruppen zeigen, dass diese Synchronisierung bei Patient*innen mit psychischen Erkrankungen erheblich verändert sein kann [5]. So zeigten z. B. nichtremittierte Patient*innen mit einer Borderline-Störung eine verminderte Synchronisierung der TPJ-Regionen, die bei remittierten Patient*innen nicht mehr nachweisbar war [5]. Ähnliche Befunde liegen für Patient*innen mit Autismusspektrumstörungen über die Entwicklungsspanne vor. Hier trat bei starker Ausprägung der Symptomatik eine geringere neuronale Kopplung auf und Sozialkontakte waren weniger erfolgreich [36].

Klinische Relevanz könnten Befunde zum Beziehungsaufbau erlangen, der sich ebenfalls durch Messung der Synchronisierung abbilden ließ. Enge Bindungen

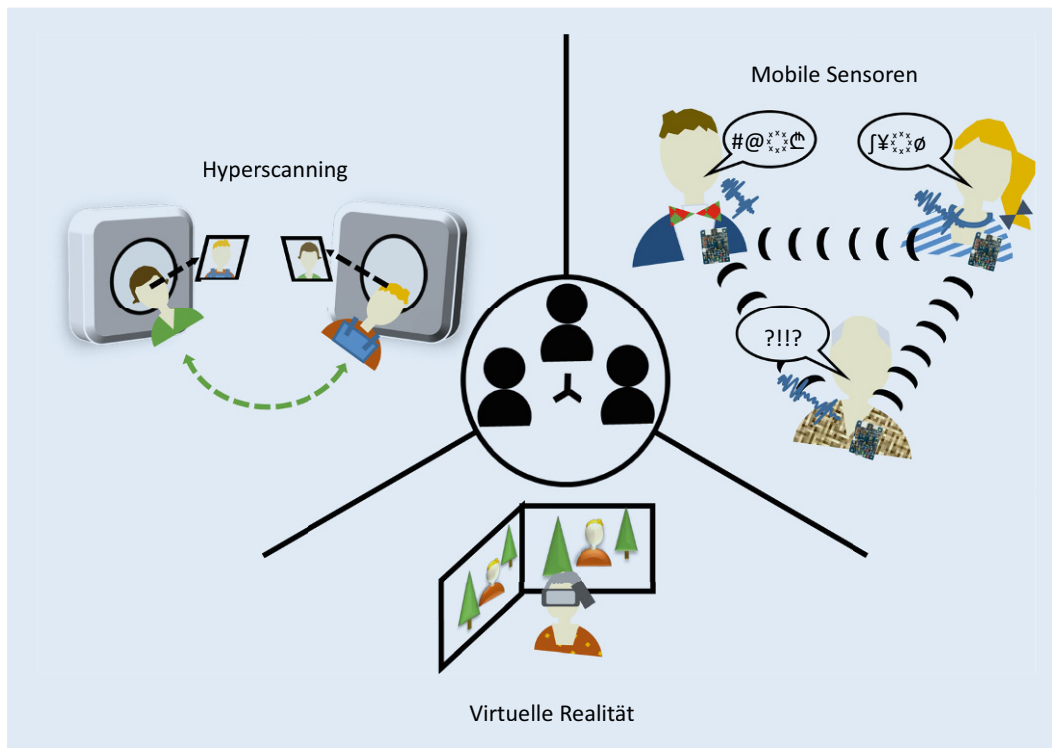


Abb. 1 ◀ Innovative Methoden in den sozialen Neurowissenschaften. Hyperscanning beschreibt eine Reihe von Bildgebungsmethoden, bei der simultan eine Messung der Hirnaktivitäten erfolgt, während diese Personen interagieren. Mobile Sensoren erlauben die passive, multimodale Quantifizierung sozialer Interaktionen mittels physikalischer Abstandsmessung, Handgelenksensoren für Gestik und Mikrofonen zur Sprachanalyse. Virtuelle Realität ermöglicht die Schaffung komplett kontrollierbarer sozialer Situationen mittels einer computergenerierten, interaktiven Realität

fürten hier zu stärkerer Synchronisierung, was in der klinischen Praxis mit einem besseren Arbeitsbündnis zwischen Behandler*in und Patient*in einherging [40]. Weitere Studien zur prädiktiven Anwendung zeigten, dass sich sowohl individuelles Sozialverhalten wie z. B. Prosozialität [16] als auch komplexere zwischenmenschliche Vorgänge wie z. B. Feindseligkeit gegenüber anderen Gruppen hierdurch vorhersagen ließen [38].

Diese Befunde deuten das Potenzial an, das biologische Korrelate sozialer Interaktion sowohl als quantifizierbare Biomarker psychischer Störungen als auch im Sinne transdiagnostischer Zielparame-ter neuer therapeutischer Ansätze wie z. B. Biofeedback oder Hirnstimulationsverfahren bergen.

Mobile Sensorensysteme

Das heutzutage fast ubiquitäre Vorhandensein mobiler, körpernaher Sensoren, insbesondere von Mobiltelefonen und „smarten“ Armbanduhr, erlaubt eine individuelle Erfassung zahlreicher Parameter sozialer Interaktionen in Alltagssituationen. Neben der – datenschutzrechtlich problematischen – Erfassung von Sprache, Gestik und Mi-

mik hat sich in den letzten Jahren die Quantifizierung des räumlichen Abstands von Personen zueinander als valider Schätzer sozialer Interaktionen herauskristallisiert. Dabei wird ein für Menschen unbedenkliches Signal im Radiofrequenzbereich ausgesendet, das wiederum von Sensorsystemen, die andere Menschen in Körpernähe tragen, erfasst wird, was eine Bestimmung des Abstandes zwischen Sender und Empfänger zulässt.

Die Anwendungsmöglichkeiten dieser Verfahren sind vielfältig (wie z. B. als „Corona-Warn-App“). Bislang konnte hiermit auf dem Gebiet der sozialen Neurowissenschaften demonstriert werden, wie individuelle Persönlichkeitsmerkmale und emotionale Zustände Gruppendynamiken prägen [1] oder soziale Interaktionen das Verhalten einzelner Individuen verändern können [24]. Trotz des offensichtlichen translationalen Potenzials dieser Methoden sind klinische Anwendungen bislang rar. Erste Studien konnten jedoch zeigen, dass depressive Symptomatik in direktem Zusammenhang mit der Häufigkeit des Kontaktes zu anderen Menschen [10] steht und die Methode ausreichend sensitiv ist, durch Interventionen veränderte Grup-

pendynamiken auch langfristig abbilden zu können [6].

Virtuelle Realität

Virtuelle Realität (VR) beschreibt die Darstellung und Wahrnehmung einer computergenerierten, interaktiven Umgebung in Echtzeit. Der derzeitige Stand der Technik ermöglicht bereits eine Darstellung von Real-life-Szenarien, die von Proband*innen mit entsprechend lebensechten emotionalen, physiologischen und behavioralen Reaktionen beantwortet werden. Dabei ermöglicht die Programmierung der Szenarien eine vollständige Kontrolle über die Kontextsituation und das Verhalten computergenerierter Personen, was eine standardisierte und quantifizierbare Untersuchung sozialer Interaktionen und Prozesse in lebensnahen Situationen ermöglicht, die sonst selbst unter Laborbedingungen nicht erreichbar wären.

Darüber hinaus ist auch die Generierung „unmöglicher“ Szenarien, wie z. B. sog. „Körpertauschillusionen“ möglich, die psychologische und neurobiologische Determinanten von Selbstwahrnehmung, Selbstidentität und „agency“ zugänglich machen [30]. So untersuch-

ten Slater und Kollegen mithilfe von VR, wie sich ein Körpertausch mit Sigmund Freud auf die (Selbst-)Beratung bei psychischen Problemen auswirkte [33]. Klinisch vielversprechend ist auch die Verfügbarkeit eher seltener Situationen wie z.B. einer Flugreise sowie der Möglichkeit spezifischer Expositionstherapie in geschützter Umgebung. Angsterkrankungen lassen sich hierdurch also nicht nur lebensnah, sondern darüber hinaus auch anhand vielfältiger Trainingskontexte und sicher behandeln. Zudem dürfte die Technik auch für selbstständig durch die Patient*innen durchgeführte, individuell spezifische Expositionsübungen verfügbar werden. Hierdurch könnten knappe psychotherapeutische Ressourcen kosteneffektiv ausgeweitet und den betroffenen Patient*innen rasch wirksame Therapien zur Verfügung gestellt werden, um einer Chronifizierung entgegenzuwirken.

» VR ermöglicht spezifische Expositionstherapien in geschützter Umgebung

Während VR im Rahmen neurowissenschaftlicher Studien zur Erforschung psychologischer und neurobiologischer Mechanismen sozialer Prozesse noch selten ist, liegen bereits zahlreiche Untersuchungen zur direkten klinisch-therapeutischen Anwendung von VR vor. Bislang liegen Metaanalysen zum Einsatz VR-basierter Therapien auf psychiatrischem Gebiet bei sozialen Angststörungen, Panikstörungen und Patientin*innen mit posttraumatischen Belastungsstörungen (PTBS) vor, die eine im Vergleich zu etablierten Therapieverfahren teils ähnliche Wirksamkeit zeigen [7].

Weitere Konzepte

Parallel zu den hier beschriebenen Ansätzen existieren zahlreiche weitere, wie z. B. die Analyse verbaler und nonverbaler Kommunikation mithilfe künstlicher Intelligenz oder digitaler Phänotypisierung, die in Zukunft eine umfassendere Beschreibung und ein tieferes Verständnis sozialer Prozesse und ihrer Störungen entlang der Analyseeinheiten des RDoC-

Systems ermöglichen werden. Darüber hinaus könnten aus der kombinierten Analyse molekularer und bildgebender Datensätze in Form räumlicher Genexpressionsprofile vor dem Hintergrund struktureller und funktioneller Veränderungen des Gehirns [31] künftig neue Erkenntnisse und Hinweise auf therapeutisch nutzbare Zielmoleküle, z.B. bei Störungen der sozialen Interaktion, gewonnen werden. Zusätzlich bieten spieltheoretische und modellbasierte Untersuchungsansätze sozialer Interaktion die Möglichkeit, komplexe soziale Phänomene in mathematisch beschreibbare Konzepte zu übersetzen [19], was perspektivisch auch zu einer Reduktion der Heterogenität und einer besseren Abgrenzbarkeit der RDoC-Konstrukte untereinander beitragen könnte. Schließlich wird auch die weitere Untersuchung der oben skizzierten Fragestellungen in Tiermodellen zunehmend detailliertere Rückschlüsse auf molekulare Mechanismen der Effekte von Neurotransmittern und -peptiden zulassen.

Zusammenfassung und Diskussion

Die breite Anwendung der RDoC-Systematisierung ermöglicht die transdiagnostische Erfassung und Charakterisierung sozialer Prozesse im Sinne einer angewandten Neurowissenschaft in der Psychiatrie. Obgleich RDoC bislang vornehmlich für grundlagenwissenschaftlich orientierte Fragestellungen relevant war, bietet sich im Bereich der sozialen Prozesse die Möglichkeit einer raschen Translation von Erkenntnissen in die klinische Praxis, nicht zuletzt im Fahrwasser der fortwährenden Weiterentwicklung digitaler Technologien. Andererseits können auch primär klinisch-therapeutisch intendierte Instrumente neurobiologisch und neurophysiologisch validiert werden, was eine engere Verzahnung und Wechselwirkung zwischen klinischer Psychiatrie als angewandter „sprechender“ und damit auf soziale Prozesse angewiesene Medizin und den Erkenntnissen der neurobiologischen Grundlagenforschung bedeutet.

Eine Herausforderung bleibt dabei die Frage, wie innerhalb dieses „hypo-

thesenfreien“ Systems Relevanz entsteht. Für soziale Prozesse sind die vorgeschlagenen RDoC-Konstrukte und -Subkonstrukte teils nur schwer voneinander abgrenzbar. Diese Schwierigkeit, passende, aber trennscharfe Kategorien zu bilden, bestand bereits zu Beginn, wie die Berichte der Initialisierungsworkshops nahelegen (<https://www.nimh.nih.gov/research/research-funded-by-nimh/rdoc/social-processes-workshop-proceedings.shtml>). Deren Anpassung und Weiterentwicklung wird weiterhin Gegenstand von Diskussion bleiben. So scheint bezüglich einiger Elemente der RDoC-Matrix durch den wissenschaftlichen Fortschritt Erneuerungs- oder Erweiterungsbedarf zu bestehen, wie einer angemessenen Repräsentation digitaler Methoden in der RDoC-Matrix. Darüber hinaus dürften datengestützte Analysemethoden eine substanzielle Zahl der aktuell noch vorgeschlagenen Messmethoden, -instrumente und -paradigmen deutlich erweitern und möglicherweise ablösen.

Eine wesentliche Herausforderung der nächsten Jahre dürfte also darin bestehen, die RDoC-Matrix auf dem Wege datengestützter Analysemethoden weiterzuentwickeln und die gewonnenen Datensätze im Sinne klinischer und grundlagenwissenschaftlicher Erkenntnis umfassend nutzbar zu machen.

Fazit für die Praxis

- Soziale Prozesse und ihre Störungen stellen ein hoch relevantes Gebiet für das Fach Psychiatrie dar. Die Einführung der Research Domain Criteria (RDoC) bietet dabei die Chance, eine für Grundlagenwissenschaften und Klinik gemeinsame Sicht und Sprache zu entwickeln, die große Komplexität sozialer Interaktionen in operationalisierbare und neurobiologisch untersuchbare Prozesse zu dekonstruieren.
- Dabei zeigt sich in den letzten Jahren eine enorme Weiterentwicklung der Methoden im Bereich der sozialen Neurowissenschaften, die sich die zunehmenden technologischen Möglichkeiten unseres Alltags zunutze machen.

— Diese Weiterentwicklung und Adaptation sowohl der Methodik, aber auch der theoretischen Konzepte im Sinne von RDoC ist insbesondere im Bereich sozialer Prozesse auch zwingend notwendig, da diese technologischen und gesellschaftlichen Fortschritte nicht zuletzt auch verändern, wie Menschen und Gesellschaften sozial interagieren.

Korrespondenzadresse

Dr. Urs Braun

Zentralinstitut für Seelische Gesundheit,
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie,
Medizinische Fakultät Mannheim, Universität
Heidelberg
J5, 68159 Mannheim, Deutschland
urs.braun@zi-mannheim.de

Danksagung. N. E. Holz bedankt sich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG HO 5674/2-1, GRK2350/1) sowie dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (Sonderfördermaßnahme Covid-19) für Fördergelder.

E. Bilek bedankt sich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft für Fördergelder (DFG BI 2188/1-1 und -2).

U. Braun bedankt sich bei der Brain & Behavior Research Foundation (NARSAD Young Investigator Grant 2019).

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. P. Praus, E. Bilek, N.E. Holz und U. Braun geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

- Alshamsi A, Pianesi F, Lepri B et al (2016) Network diversity and affect dynamics: the role of personality traits. *PLoS ONE* 11:e152358
- Arioli M, Canessa N (2019) Neural processing of social interaction: coordinate-based meta-analytic evidence from human neuroimaging studies. *Hum Brain Mapp* 40:3712–3737
- Baribeau DA, Dupuis A, Paton TA et al (2019) Structural neuroimaging correlates of social deficits are similar in autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder: analysis from the POND network. *Transl Psychiatry* 9:72
- Bilek E, Ruf M, Schäfer A et al (2015) Information flow between interacting human brains: Identification, validation, and relationship to social expertise. *Proc Natl Acad Sci U S A* 112:5207–5212
- Bilek E, Stössel G, Schäfer A et al (2017) State-dependent cross-brain information flow in borderline personality disorder. *JAMA Psychiatry* 74:949–957
- Boda Z, Elmer T, Voros A et al (2020) Short-term and long-term effects of a social network intervention on friendships among university students. *Sci Rep* 10:2889
- Carl E, Stein AT, Levihn-Coon A et al (2019) Virtual reality exposure therapy for anxiety and related disorders: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Anxiety Disord* 61:27–36
- Coria-Avila GA, Manzo J, Garcia LI et al (2014) Neurobiology of social attachments. *Neurosci Biobehav Rev* 43:173–182
- Dewey JA, Knoblich G (2014) Do implicit and explicit measures of the sense of agency measure the same thing? *PLoS One* 9:e110118
- Elmer T, Stadfeld C (2020) Depressive symptoms are associated with social isolation in face-to-face interaction networks. *Sci Rep* 10:1444
- Feldman R (2017) The neurobiology of human attachments. *Trends Cogn Sci* 21:80–99
- Frick A, Howner K, Fischer H et al (2013) Altered fusiform connectivity during processing of fearful faces in social anxiety disorder. *Transl Psychiatry* 3:e312
- Hodge RD, Miller JA, Novotny M et al (2020) Transcriptomic evidence that von economo neurons are regionally specialized extratelencephalic-projecting excitatory neurons. *Nat Commun* 11:1172
- Holz NE, Boecker-Schlier R, Jennen-Steinmetz C et al (2018) Early maternal care may counteract familial liability for psychopathology in the reward circuitry. *Soc Cogn Affect Neurosci* 13:1191–1201
- Holz NE, Meyer-Lindenberg A (2019) Soziale Neurowissenschaften und deren Bedeutung für die Psychiatrie. *Nervenarzt* 90:1109–1116
- Hu Y, Hu Y, Li X et al (2017) Brain-to-brain synchronization across two persons predicts mutual prosociality. *Soc Cogn Affect Neurosci* 12:1835–1844
- Kumar VJ, Grissom NM, Mckee SE et al (2018) Linking spatial gene expression patterns to sex-specific brain structural changes on a mouse model of 16p11.2 hemideletion. *Transl Psychiatry* 8:109
- Loades ME, Chatburn E, Higson-Sweeney N et al (2020) Rapid systematic review: the impact of social isolation and loneliness on the mental health of children and adolescents in the context of COVID-19. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 59:1218–1239.e3
- Lockwood PL, Apps MAJ, Chang SWC (2020) Is there a 'social' brain? Implementations and algorithms. *Trends Cogn Sci* 24:802–813
- Marotta R, Risoleo MC, Messina G et al (2020) The neurochemistry of autism. *Brain Sci* 10:163
- Meyer-Lindenberg A, Domes G, Kirsch P et al (2011) Oxytocin and vasopressin in the human brain: social neuropeptides for translational medicine. *Nat Rev Neurosci* 12:524–538
- Nickl-Jockschat T, Rottschy C, Thommes J et al (2015) Neural networks related to dysfunctional face processing in autism spectrum disorder. *Brain Struct Funct* 220:2355–2371
- Pan KY, Kok AAL, Eikelenboom M et al (2021) The mental health impact of the COVID-19 pandemic on people with and without depressive, anxiety, or obsessive-compulsive disorders: a longitudinal study of three Dutch case-control cohorts. *Lancet Psychiatry* 8:121–129
- Pan W, Dong W, Cebrian M et al (2012) Modeling dynamical influence in human interaction: using data to make better inferences about influence within social systems. *IEEE Signal Process Mag* 29:77–86
- Papitto G, Friederici AD, Zaccarella E (2020) The topographical organization of motor processing: an ALE meta-analysis on six action domains and the relevance of Broca's region. *Neuroimage* 206:116321
- Porcelli S, Van Der Wee N, van der Werff S et al (2019) Social brain, social dysfunction and social withdrawal. *Neurosci Biobehav Rev* 97:10–33
- Rizzolatti G, Sinigaglia C (2016) The mirror mechanism: a basic principle of brain function. *Nat Rev Neurosci* 17:757–765
- Rumas R, Shamblaw AL, Jagtap S et al (2021) Predictors and consequences of loneliness during the COVID-19 pandemic. *Psychiatry Res* 300:113934
- Sato W, Kochiyama T, Uono S et al (2019) Widespread and lateralized social brain activity for processing dynamic facial expressions. *Hum Brain Mapp* 40:3753–3768
- Scarpina F, Serino S, Keizer A et al (2019) The effect of a virtual-reality full-body illusion on body representation in obesity. *J Clin Med* 8:1330
- Seidlitz J, Nadig A, Liu S et al (2020) Transcriptomic and cellular decoding of regional brain vulnerability to neurogenetic disorders. *Nat Commun* 11:3358
- Shamay-Tsoory SG, Abu-Akel A (2016) The social salience hypothesis of oxytocin. *Biol Psychiatry* 79:194–202
- Slater M, Neyret S, Johnston T et al (2019) An experimental study of a virtual reality counselling paradigm using embodied self-dialogue. *Sci Rep* 9:10903
- van der Meer L, Costafreda S, Aleman A et al (2010) Self-reflection and the brain: a theoretical review and meta-analysis of neuroimaging studies with implications for schizophrenia. *Neurosci Biobehav Rev* 34:935–946
- van Kemenade BM, Arikani BE, Podranski K et al (2019) Distinct roles for the cerebellum, angular gyrus, and middle temporal gyrus in action-feedback monitoring. *Cereb Cortex* 29:1520–1531
- Wang Q, Han Z, Hu X et al (2020) Autism symptoms modulate interpersonal neural synchronization in children with autism spectrum disorder in cooperative interactions. *Brain Topogr* 33:112–122
- Wang S, Tefler LJ, Taren AA et al (2020) Functional parcellation of the default mode network: a large-scale meta-analysis. *Sci Rep* 10:16096
- Yang J, Zhang H, Ni J et al (2020) Within-group synchronization in the prefrontal cortex associates with intergroup conflict. *Nat Neurosci* 23:754–760
- Zaadnoordijk L, Meyer M, Zaharieva M et al (2020) From movement to action: an EEG study into the emerging sense of agency in early infancy. *Dev Cogn Neurosci* 42:100760
- Zhang Y, Meng T, Hou Y et al (2018) Interpersonal brain synchronization associated with working alliance during psychological counseling. *Psychiatry Res Neuroimaging* 282:103–109