Institut für Psychologie und Pädagogik
Abteilung Klinische und Gesundheitspsychologie
Abteilungsleiterin: Prof. Dr. Dr. Olga Pollatos

Interozeption und Gesundheit: Ansätze zur Veränderung interozeptiver Prozesse im präventiven und therapeutischen Kontext

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Philosophie an der Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Informatik und Psychologie der Universität Ulm

vorgelegt von
Dana Schultchen (geb. Fischer)
aus München

2019

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Maurits Ortmanns

Gutachter/innen:

1. Prof. Dr. Dr. Olga Pollatos
2. Prof. Dr. Beate Herbert
3. Prof. Dr. Harald Baumeister

Tag der Promotion: 14.02.2020

Während der Dissertation veröffentlichte Artikel und Buchkapitel:

Fischer, D., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T., Weiss, S. & Pollatos, O. (2016). Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study. *Frontiers in Psychiatry, 7*, 199. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00199

Fischer, D., Messner, M. & Pollatos, O. (2017). Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 452. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00452

Fischer, D., Strunz, E. & Walter, G. (2018). Biopsychosoziale Auswirkungen moderner Arbeitsplatzkonzepte. In D. Matusiewicz, V. Nürnberg & S. Nobis (Hrsg.), *Gesundheit und Arbeit 4.0. Wenn Digitalisierung auf Mitarbeitergesundheit trifft*. Heidelberg: medhochzwei Verlag.

Pollatos, O. & **Fischer, D.** (2018). Interozeption. In C.-W. Kohlmann, C. Salewski & M. A. Wirtz (Hrsg.), *Psychologie in der Gesundheitsförderung* (S. 113–124). Bern: Hogrefe.

Reichenberger, J., Richard, A., Smyth, J. M., **Fischer, D.**, Pollatos, O. & Blechert, J. (2018). It's craving time: time of day effects on momentary hunger and food craving in daily life. *Nutrition*, *55-56*, 15–20. https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.03.048

Schubert, L., Walter, G., **Fischer, D.** & Merkwitz, R. (2018). Shared Leadership - Erfolgsfaktoren und Herausforderungen geteilter Führungspositionen. In D. Matusiewicz, V. Nürnberg & S. Nobis (Hrsg.), *Gesundheit und Arbeit 4.0. Wenn Digitalisierung auf Mitarbeitergesundheit trifft*. Heidelberg: medhochzwei Verlag.

Schultchen, D., Bayer, J., Kühnel, J., Melchers, K. G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation. *Psychophysiology*, *56*(10), e13429. https://doi.org/10.1111/psyp.13429

Schultchen, D., Messner, M., Karabatsiakis, A., Schillings, C. & Pollatos, O. (2019). Effects of an 8-Week Body Scan Intervention on Individually Perceived Psychological Stress and Related Steroid Hormones in Hair. *Mindfulness, 892*(5), 1–12. https://doi.org/10.1007/s12671-019-01222-7

Schultchen, D., Reichenberger, J., Mittl, T., Weh, T. R. M., Smyth, J. M., Blechert, J. & Pollatos, O. (2019). Bidirectional relationship of stress and affect with physical activity and healthy eating. *British Journal of Health Psychology, 24*(2), 315–333. https://doi.org/10.1111/bjhp.12355

Schultchen, D., Zaudig, M., Krauseneck, T., Berberich, G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy. *PLoS ONE, 14*(5), e0217237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 1
Tabellenverzeichnis 1
Abkürzungsverzeichnis 1
Zusammenfassung 1
Abstract 3
1 Einleitung 5
1.1 Definition von Interozeption 6
1.2 Multidimensionale Modelle zur Erfassung von interozeptiven Prozessen 8
1.3 Wichtige Theorien zur Emotionsentstehung und Verarbeitung interozeptiver Prozesse 15
1.4 Interindividuelle Unterschiede in interozeptiven Prozessen 19
1.4.1 Interozeptive Prozesse und Emotionen 19
1.4.2 Interozeptive Prozesse und der Zusammenhang mit verschiedenen gesundheitsrelevanten Variablen 21
1.4.3 Weitere Einflussfaktoren auf interozeptive Prozesse 23
1.4.4 Interozeptive Prozesse und der Zusammenhang mit verschiedenen psychischen Störungsbildern 25
1.5 Darstellung empirischer Evidenz für die Veränderung interozeptiver Prozesse 30
1.6 Ziele der Dissertation 35
2 Zusammenfassung der Studien 37
2.1 Studie I: Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation 39
2.2 Studie II: Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study 43
2.3 Studie III: Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy 47
2.4 Studie IV: Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention 51
3 Diskussion 57
3.1 Einordnung der Ziele und der Studien der Dissertation 57
3.2 Einflussfaktoren und Erfassung interozeptiver Prozesse 61
3.3 Interozeptive Prozesse bei Patienten mit Anorexia nervosa und Zwangsstörungen 66
3.4 Veränderung interozeptiver Prozesse im präventiven und therapeutischen Kontext 70
3.5 Stärken und Schwächen der eigenen empirischen Arbeiten 73
3.6 Zukünftige Studien und Ausblick 76
3.7 Ausblick 81
Literaturverzeichnis 82

Anhang 109
Artikel I: Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation..... 110
Artikel II: Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study 111
Artikel III: Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy 112
Artikel IV: Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention 113

* In der vorliegenden Arbeit wird allein aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die maskuline Form verwendet, die geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Multidimensionales Modell der Interozeption in Anlehnung an Garfinkel et al. (2015) 9
Abbildung 2. Multidimensionales Modell der Interozeption in Anlehnung an Murphy et al. (2019) 13
Abbildung 3. Überblick über die verschiedenen Studien der Dissertation 37
Abbildung 4. Mittelwerte und Standardabweichungen zur Veränderung interozeptiver Prozesse (getrennt nach interozeptiver Akkuranz und Sensibilität) im Verlauf bei Patientinnen mit Anorexia nervosa und gesunden Kontrollprobandinnen 46
Abbildung 5. Mittelwerte und Standardabweichungen zur Veränderung interozeptiver Akkuranz im Verlauf bei Patienten mit einer Zwangsstörung und gesunden Kontrollprobanden 50
Abbildung 6. Mittelwerte und Standardabweichungen zur Veränderung interozeptiver Prozesse (getrennt nach interozeptiver Akkuranz und Sensibilität) im Verlauf pro Bedingung (Body Scan vs. Hörbuch) 55
Abbildung 7. Mittelwerte und Standardabweichungen zur Veränderung interozeptiver Prozesse (getrennt nach interozeptiver Akkuranz und Sensibilität) im Verlauf pro Bedingung (Body Scan vs. inaktive Kontrollgruppe) 56
Abbildung 8. Zusammenfassender Überblick der Ergebnisse und Einordnung 58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. *Überblick empirischer Evidenz zu verschiedenen Ansätzen mit dem Ziel der Verbesserung interozeptiver Prozesse* 33
Tabelle 2. *Zusammenfassung der durchgeführten Studien* 38
Tabelle 3. *Ergebnisse der Mediationsanalyse zum Zusammenhang von interozeptiver Akkuranz und chronischen Stress via Selbstregulation* 43

Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body Mass Index
DHEA	Dehydroepiandrosteron
MAIA	Multidimensional Assessment of Interoceptive Awareness
SCI	Stress- und Coping-Inventar
TICS-SSCS	Trierer Inventar zum chronischen Stress (Screening)

Zusammenfassung

Interozeption beschreibt die Wahrnehmung körperinterner Signale und deren Verarbeitung. Der Körper muss adäquat auf Bedürfnisse und Defizite reagieren, um eine körperliche Homöostase herzustellen, welche entscheidend für einen gesunden körperlichen und mentalen Zustand ist. Darüber hinaus konnte in verschiedenen Studien der Zusammenhang von Interozeption mit unterschiedlichen gesundheitsrelevanten Variablen (u. a. Stress, körperliche Aktivität, Emotionswahrnehmung und -regulation) sowie deren Einfluss auf die verschiedenen Erhebungsmethoden belegt werden. Weiterhin konnte auch eine gestörte Interozeptionsfähigkeit in diversen klinischen Populationen (u. a. Depressionen, Essstörungen) nachgewiesen werden. Basierend auf diesen Beobachtungen ist es somit entscheidend, Maßnahmen zu entwickeln, welche interozeptive Prozesse fördern. In den letzten Jahren haben sich hierbei insbesondere selbst- und körperfokussierte Ansätze als vielversprechende Maßnahmen herauskristallisiert. Insgesamt lässt sich daraus ableiten, dass Interozeption eine entscheidende Rolle für die individuelle Gesundheit spielt.

Die vorliegende Dissertation hat das Ziel, die Interaktion von gesundheitsrelevanten Variablen (u. a. chronischem Stress) und interozeptiven Prozessen zu beleuchten und den bisherigen Forschungsstand substantiell um den Aspekt der Interventionen zu erweitern. Dies bedeutet, dass beeinträchtigte interozeptive Prozesse in entsprechenden klinischen Störungsbildern (Anorexia nervosa und Zwangsstörungen) genauer elaboriert werden und dass Veränderungen dieser Prozesse während einer Therapie bei zwei klinischen Stichproben sowie durch ein Body Scan-Training in einer gesunden Stichprobe untersucht werden sollen.

In **Studie I** wurde der Zusammenhang von interozeptiver Akkuranz (erfasst via Herzwahrnehmungstest) und chronischem Stress anhand von Selbstberichts- und psychophysiologischen Maßen (Fragebögen zum chronischen Stress, Haarcortisol und Dehydroepiandrosteron (DHEA) sowie deren Verhältnis) untersucht. Dabei zeigte sich, dass eine höhere interozeptive Akkuranz mit einem verminderten chronischen Stresserleben und psychophysiologischen Stresslevel zusammenhängt und dieser Zusammenhang durch eine hohe Selbstregulation mediiert wird. Anhand von **Studie II** und **III** konnte herausgefunden werden, dass die interozeptive Akkuranz in einer Stichprobe mit Anorexia nervosa und Zwangsstörungen verglichen mit einer zugeordneten gesunden Kontrollgruppe vermindert ist. Für die subjektive Komponente der Interozeption, die sogenannte interozeptive Sensibilität, konnte zudem eine Reduktion der Werte der Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ bei dem Eating Disorder Inventory-2 bei

Patientinnen mit Anorexia nervosa nachgewiesen werden. Darüber hinaus zeigte sich in **Studie II**, dass Patientinnen mit Anorexia nervosa sich deskriptiv hinsichtlich der interozeptiven Akkuranz und Sensibilität durch eine kognitiv-behaviorale Therapie verbessern. Für Zwangspatienten (**Studie III**) konnte dies nicht nachgewiesen werden. Im Rahmen von **Studie IV** wurden zwei weitere Studien durchgeführt, welche sich lediglich hinsichtlich der Kontrollgruppen (Studie 1: aktive Kontrollgruppe, die ein Hörbuch hörte; Studie 2: inaktive Kontrollgruppe) unterschieden. In dieser Studie wurde der Einfluss eines achtwöchigen Body Scan-Trainings auf interozeptive Prozesse in einer gesunden Stichprobe untersucht. Hier erfolgte erneut die Erhebung der interozeptiven Akkuranz via Herzwahrnehmungstest. Zusätzlich wurde die interozeptive Sensibilität über ein Sicherheitsrating nach dem Herzwahrnehmungstest und mittels Subskala des Eating Disorder Inventory-2 erfasst. Die Ergebnisse der ersten Studie zeigen eine deskriptive Verbesserung der interozeptiven Akkuranz und Sensibilität (Sicherheitsrating) im Vergleich zur aktiven Kontrollgruppe. Die zweite Studie konnte darüber hinaus nachweisen, dass die Probanden, die an dem Body Scan-Training teilnahmen, eine signifikante Verbesserung der interozeptiven Akkuranz und Sensibilität (Sicherheitsrating) im Vergleich zur inaktiven Kontrollgruppe aufzeigten. Keine Effekte konnten für die interozeptive Sensibilität, erfasst über die Subskala des Eating Disorder Inventory-2, gefunden werden.

Insgesamt lässt sich anhand der verschiedenen Studien die bedeutende Rolle und der gesundheitsrelevante Charakter interozeptiver Prozesse im präventiven und therapeutischen Kontext hervorheben. Ebenso lässt sich ableiten, dass der Wahl und der Dauer der Interventionsmaßnahme zur Förderung interozeptiver Prozesse eine entscheidende Rolle zukommt und hierbei selbst- und körperfokussierte Verfahren von Bedeutung sind. Zukünftige Studien sollten weitere Einflussfaktoren der Interozeption identifizieren, verschiedene Ansätze zur Verbesserung interozeptiver Prozesse zusammenführen sowie auch digitale Möglichkeiten (Online-/App-basiert) nutzen.

Abstract

Interoception describes the ability to perceive and process internal bodily signals. It is important to react to needs and deficits to ensure bodily homeostasis, which is necessary for a healthy body and mind. Former studies demonstrated a relationship between interoception and different health-related variables (e.g., stress, physical activity, emotion perception and regulation) as well as its influence on the assessment of interoception. Additionally, previous studies found impaired interoceptive processes in various mental disorders (e.g., depression, eating disorders). Consequently, there is a need to improve interoceptive processes. Previous research investigating different self- and body-related methods indicated positive effects on interoceptive processes. Thus, it can be inferred that interoception is essential for individual health.

This thesis aimed at further exploring the interaction between health-related factors (such as stress) and interoceptive processes and at substantially extending former knowledge focussing on the aspect of interventions. This implemented the investigation of impaired interoceptive abilities in different mental disorders (anorexia nervosa and obsessive-compulsive disorder) in more detail. Furthermore, the change of interoceptive processes in such clinical samples during a cognitive-behavioral therapy as well as the effect of a body scan training in a healthy sample were considered in more detail.

Study I investigated the relationship between interoceptive accuracy (measured via the heartbeat perception task) and chronic stress. For the measurement of chronic stress, different questionnaires and psychophysiological indicators (cortisol, dehydroepiandrosterone (DHEA), and the ratio of both) were used. Results showed that a higher interoceptive accuracy was related to decreased chronic stress experience and psychophysiological stress levels. Furthermore, this negative association was mediated by the participants' enhanced self-regulation. **Study II** and **III** found a decreased interoceptive accuracy (heartbeat perception task) in anorexia nervosa and obsessive-compulsive disorder patients compared to healthy-matched controls. Regarding self-evaluated interoception, so-called interoceptive sensibility, a reduced score in the subscale "Interoceptive Awareness" of the Eating Disorder Inventory-2 for patients with anorexia nervosa was found. Additionally, based on the descriptive results of **study II**, patients showed a trend towards recovery during a cognitive-behavioral therapy. For the patients with obsessive-compulsive disorder (**study III**), no change was found. **Study IV** included two further studies, differentiating between control groups (Study 1: active control group listening to an audio book; Study 2: inactive control group). The investigation aimed to explore the effects of an 8-week

body scan training in a healthy sample. Therefore, interoceptive accuracy was assessed via the heartbeat perception task. Additionally, self-reported interoceptive sensibility was measured via confidence ratings and the subscale of the Eating Disorder Inventory-2. Results indicated a descriptive trend for interoceptive accuracy and sensibility (confidence rating) in comparison to the active control group. Furthermore, the second study showed a significant improvement of interoceptive accuracy and sensibility (confidence rating) compared to the inactive control group. No such effects were found for interoceptive sensibility assessed via the subscale of the Eating Disorder Inventory-2.

To conclude, these findings emphasize the health relevance of interoceptive processes in the context of prevention and treatment. Moreover, the choice and the duration of the intervention seem to be crucial for the success of improved interoceptive processes. Self- and bodily-related methods seem to be effective. Future studies should investigate other influencing factors on interoception and combine different approaches to improve interoceptive processes. Especially in terms of enhancing interoceptive processes, mobile- and online-based methods could be a promising approach.

1 Einleitung

Interozeption ist für jeden Menschen von Bedeutung, weil dadurch essentielle Regelkreise des Körpers auch in Interaktion mit der Umwelt mit entsprechenden Informationen versorgt werden. Dieses Konstrukt beschreibt die Wahrnehmung und Verarbeitung verschiedener körperinterner Signale (z. B. Hunger und Sättigung), auf die der menschliche Organismus adäquat reagieren sollte, um verschiedene Bedürfnisse und Defizite des Körpers zu befriedigen (Ceunen, Vlaeyen & van Diest, 2016). Darüber hinaus ist Interozeption in verschiedenen weiteren gesundheitsrelevanten Bereichen entscheidend, beispielsweise bezogen auf die Emotionswahrnehmung und -verarbeitung (Füstös, Gramann, Herbert & Pollatos, 2013; Herbert, Pollatos, Flor, Enck & Schandry, 2010; Pollatos, Herbert, Matthias & Schandry, 2007; Wiens, 2005), die Symptomwahrnehmung (van den Bergh, Zacharioudakis & Petersen, 2019), Situationen, die Empathie erfordern (Grynberg & Pollatos, 2015) sowie die Stresswahrnehmung (Schulz & Vögele, 2015). Verschiedene Studien konnten darüber hinaus nachweisen, dass bei diversen klinischen Störungen (z. B. Depression, Anorexia nervosa, Zwangsstörungen) verminderte interozeptive Fähigkeiten vorliegen (Duquette, 2017; Khalsa et al., 2018; Murphy, Brewer, Catmur & Bird, 2017). Daraus lässt sich ableiten, dass Interozeption aufgrund der unterschiedlichen Zusammenhänge mit gesundheitsrelevanten Variablen sowie der größtenteils verminderten Ausprägung bei verschiedenen klinischen Störungen eine entscheidende Rolle für die Gesundheit spielt. Gleichzeitig sollte ein wichtiges Anwendungsziel verschiedener präventiver und therapeutischer Maßnahmen sein, genau hier anzusetzen und interozeptive Fähigkeiten zu verbessern, wenn substantielle Defizite vorliegen. Erste empirische Studien zeigen positive Effekte, was bedeutet, dass sich interozeptive Prozesse verbessern lassen, aber gleichzeitig gibt es auch eine gemischte Evidenz hinsichtlich der Effizienz bei der Anwendung verschiedener Maßnahmen (z. B. Bornemann & Singer, 2017; Meyerholz, Irzinger, Witthöft, Gerlach & Pohl, 2019; Parkin et al., 2014).

Die vorliegende Dissertation fokussiert sich auf die Darstellung verschiedener Studien im Gesundheitskontext mit dem Schwerpunkt auf dem Zusammenhang mit gesundheitsrelevanten Variablen, veränderten interozeptiven Prozessen bei klinischen Störungsbildern und Ansätzen zur Veränderung dieser Prozesse im präventiven und therapeutischen Kontext. Spezifisch zählt hierzu die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen interozeptiver Akkuranz und Stress sowie die Ausprägung interozeptiver Fähigkeiten in einer Stichprobe von Patienten mit Anorexia nervosa und einer weiteren mit Zwangsstörungen. Darüber hinaus wurden ebenso die Veränderung interozeptiver Prozesse über den Verlauf einer kognitiv-behavioralen Therapie in

den beiden klinischen Stichproben und letztendlich auch die Effektivität eines Body Scan-Trainings in einer gesunden Stichprobe untersucht.

Die Darstellung des theoretischen Hintergrundes soll dazu dienen, ein Grundverständnis von Interozeption (Kapitel 1.1) sowie den unterschiedlichen Dimensionen anhand zweier verschiedener Modelle (Garfinkel, Seth, Barrett, Suzuki & Critchley, 2015; Murphy, Catmur & Bird, 2019) zu erlangen (Kapitel 1.2). Im weiteren Verlauf wird der Zusammenhang von Interozeption und Emotionen sowie deren Entstehung anhand unterschiedlicher Modelle erläutert (Kapitel 1.3). Darauf aufbauend sollen individuelle Differenzen der verschiedenen Facetten von Interozeption spezifischer beschrieben werden (Kapitel 1.4). Hierbei sollen die aktuelle Studienlage zu Interozeption und Emotionen (Kapitel 1.4.1), der Zusammenhang mit gesundheitsrelevanten Variablen (Kapitel 1.4.2), Einflussfaktoren auf die Interozeption (Kapitel 1.4.3) sowie die Ausprägung in verschiedenen Psychopathologien (Kapitel 1.4.4) dargestellt werden. Weiterhin sollen aktuelle empirische Evidenzen verschiedener Arbeiten, die das Ziel verfolgen, Interozeption zu verbessern, in gesunden und klinischen Störungen beleuchtet werden (Kapitel 1.5). Anhand der demonstrierten theoretischen Fundierung und empirischen Evidenzen erfolgt die Ableitung der Ziele der vorliegenden Dissertation (Kapitel 1.6). Nach der Darstellung des theoretischen Hintergrundes werden die verschiedenen Studien, auf welchen die vorliegende Dissertation basiert, anhand einer Tabellenübersicht dargestellt und folgend zusammenfassend beschrieben (Kapitel 2). Der letzte Teil der Arbeit umfasst die Diskussion (Kapitel 3), bei der eine kurze Zusammenfassung der Studienergebnisse erfolgt und diese in Zusammenhang gebracht werden. Dabei soll vor allem die Bedeutung von Interozeption für generelle Aspekte von Gesundheit dargestellt werden. Insbesondere im Hinblick auf vergangene sowie zukünftige Forschung sollen die Ergebnisse diskutiert werden und daraus entsprechende Implikationen für weitere Studien erfolgen.

1.1 Definition von Interozeption

Verschiedene wissenschaftliche Arbeiten und Literatur zum Thema Interozeption definieren dieses Konstrukt als die Verbindung zwischen Körper und Gehirn, welche auf der Wahrnehmung und Verarbeitung körperinterner Signale basiert (Cameron, 2001; de Preester & Tsakiris, 2019; Vaitl, 1996). Im Rahmen eines Reviews halten Ceunen et al. (2016) fest, dass diese Definition zwar häufig verwendet wird, jedoch auch weitere Definitionsversuche der letzten Jahre berücksichtigt werden sollten, um das Konstrukt der Interozeption zu verstehen. Sherrington

(1906) verwendete erstmalig die Begriffe „interoceptive“ und „interoceptor“ als Begrifflichkeiten in seiner Arbeit und inkludierte hierbei die Wahrnehmung von Körpersignalen innerhalb des Körpers [endogener Ursprung]. Hierbei grenzte er die Einflüsse und die Wahrnehmung von Reizen außerhalb des Körpers [extrogener Ursprung] ab. Demzufolge nahm auch er schon eine Unterscheidung zwischen Interozeption und Exterozeption vor, obwohl er beide Begrifflichkeiten in der Form noch nicht verwendete. Weiterhin und in Übereinstimmung mit der heutigen Literatur unterschied er zwischen Viszerozeption und Propriozeption. Während Viszerozeption Signale mit dem Ursprung in den inneren Organen (z. B. Herzschlag, Atmung, Magen-Darm-Trakt) umfasst, beschreibt Propriozeption die wahrgenommenen Signale der Haut und des Muskelapparates (z. B. Muskeln, Sehnen, Gelenke; Ádám, 1998; Sherrington, 1906; Vaitl, 1996). Bisherige Forschungsarbeiten beziehen sich hauptsächlich auf die Untersuchung von Viszerozeption und verwenden die Begriffe der Interozeption und Viszerozeption oftmals synonym.

Weitere unterschiedliche Ansichten liegen bezüglich der bewussten sowie unbewussten Wahrnehmung dieser körperinternen Signale vor (z. B., Allen & Tsakiris, 2019; Cameron, 2001, 2002; Ceunen et al., 2016; Seth, Suzuki & Critchley, 2012). Eine sehr anschauliche Darstellung der unterschiedlichen Wahrnehmungsprozesse der Interozeption bieten Allen und Tsakiris (2019). Sie benennen beispielhaft den Herzschlag, das Einatmen von Luft und das damit verbundene Eindringen dieser Luft in die Lunge sowie die Bewegung der Brust durch das Einatmen als überlebenswichtige körperinterne Veränderungen. Obwohl diese physiologischen Veränderungen kontinuierlich erfolgen, sind sie in der individuellen Wahrnehmung nicht immer präsent. Wenn es jedoch zu extremen Veränderungen, beispielsweise durch Sport oder angstbesetzten Situationen (z. B. einer Prüfung) kommt, bei der eine Steigerung des Herzschlags sowie der Atmung erfolgt, verursachen solche Situationen eine explizitere Wahrnehmung dieser Veränderung. Hierbei lässt sich festhalten, dass die bewusste Wahrnehmung von extremen Veränderungen überlebenswichtig ist, um mit entsprechendem Verhalten auf die Situation zu reagieren (Cameron, 2002; Craig, 2009; Farb et al., 2015; Maister, Tang & Tsakiris, 2017). Spezifischer lässt sich hierbei anmerken, dass nicht nur die Wahrnehmung interozeptiver Signale entscheidend ist, sondern auch die Informationsverarbeitung bezüglich des aktuellen körperlichen Zustands und der akuten körperlichen Bedürfnisse. Solche Informationen könnten beispielsweise das Gefühl von Durst, Hunger, Hitze, Herzrasen oder Schmerz sein. Auf Basis der körperlichen Informationen gilt es, entsprechend zu reagieren beziehungsweise das Verhalten zu regulieren, um so erneut eine körperliche Homöostase herzustellen (Gu & FitzGerald, 2014).

Insgesamt zeigt sich, dass Interozeption ein multidimensionales Konstrukt ist, welches die Wahrnehmung und Verarbeitung körperinterner Signale umfasst, auf die ein Individuum adäquat reagieren sollte. Eine entsprechende Spezifizierung einzelner Dimensionen soll im folgenden Kapitel anhand der vorgeschlagenen Modelle von Garfinkel et al. (2015) und Murphy et al. (2019) vorgenommen werden.

1.2 Multidimensionale Modelle zur Erfassung von interozeptiven Prozessen

In den letzten Jahren erfolgte aufgrund eines erhöhten Interesses an der Untersuchung von Interozeption die Entwicklung verschiedener Erfassungsmöglichkeiten, sodass ein Modell zur Klassifikation interozeptiver Dimensionen dringend erforderlich war (Garfinkel & Critchley, 2013). Darüber hinaus wurden die unterschiedlichen Begrifflichkeiten wie „interoceptive sensibility“, „interoceptive sensitivity“, „interoceptive awareness“ oder „interoceptive accuracy“ in verschiedenen Arbeiten synonym verwendet, obwohl sie auf unterschiedliche Aspekte abzielen (Ceunen et al., 2016; Farb et al., 2015; Garfinkel & Critchley, 2013). Um eine klare Differenzierung zwischen den Begrifflichkeiten zu schaffen, die verschiedenen Ansätze der Erfassung besser zu klassifizieren und damit ein umfassenderes Verständnis für die interozeptiven Dimensionen zu schaffen, entwickelten Garfinkel et al. (2015) ein dreidimensionales Modell, welches die verschiedenen Dimensionen der Interozeption definiert. Hierzu zählen die interozeptive Akkuranz (interoceptive accuracy), die interozeptive Sensibilität (interoceptive sensibility) und die metakognitive Ebene der Interozeption (interoceptive awareness; siehe Abbildung 1). Im Rahmen einer aktuellen Arbeit von Murphy et al. (2019) wird zudem über eine weitere Differenzierung in einem 2x2-Modell diskutiert, bei der die beiden Faktoren (1) *Was* wurde gemessen? (Akkuranz x Aufmerksamkeit) und (2) *Wie* wurde es gemessen? (Performanz x eigene Überzeugung) unterschieden werden (siehe Abbildung 2). Zusammenfassende Darstellungen beider Modelle werden in den Abbildungen 1 und 2 präsentiert.

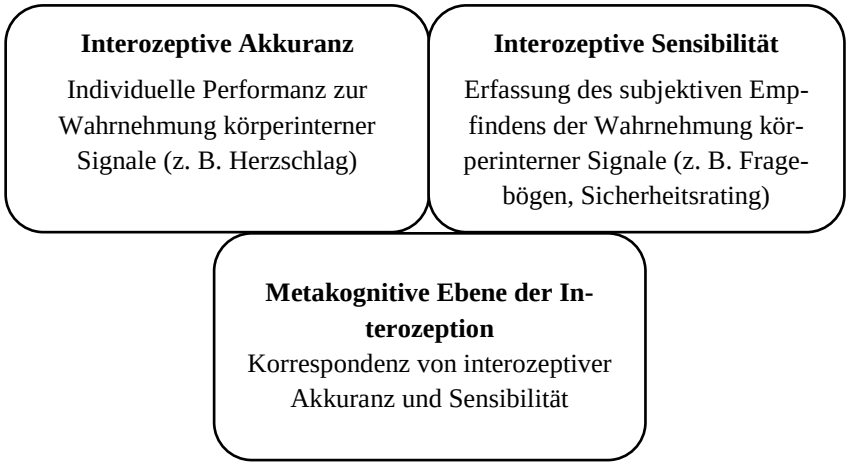

Abbildung 1. Multidimensionales Modell der Interozeption in Anlehnung an Garfinkel et al. (2015)

Die erste Komponente des Modells von Garfinkel et al. (2015) ist die interozeptive Akkuranz. Diese wird als die Fähigkeit der präzisen Wahrnehmung diverser körperinterner Signale (u. a. kardiovaskuläre, gastrointestinale und respiratorische Signale) definiert (Garfinkel et al., 2015; Pollatos & Fischer, 2018; Pollatos & Herbert, 2018). Es handelt sich dabei um die individuelle Performanz in einem behavioralen Test, bei dem es darum geht, eine möglichst hohe Übereinstimmung von objektiv erfassten Parametern (z. B. erfassten Herzschlägen durch ein Elektrokardiogramm) mit subjektiven Parametern (z. B. gezählten Herzschlägen) zu erlangen. Im Fokus dieser Quantifizierungsmöglichkeit steht aktuell vor allem die Erfassung kardiovaskulärer Parameter beziehungsweise der sogenannten kardiovaskulären Akkuranz via Herzwahrnehmungstest (Schandry, 1981) oder der Herzdiskriminationsaufgabe (Whitehead, Drescher, Heiman & Blackwell, 1977).

Bei dem häufig verwendeten Herzwahrnehmungstest nach Schandry (1981) ist es die Aufgabe der Versuchspersonen, über verschiedene Intervalle (z. B. 25, 35, 45 und 60 Sekunden, meist in randomisierter Anordnung) den eigenen Herzschlag leise mitzuzählen. Der Versuchsleiter instruiert die Versuchspersonen darüber hinaus, dass diese eine entspannte Sitzposition einnehmen sollen und jede Bewegung während der Aufgabe vermieden werden soll. Ebenso sollen sie nicht ihren eigenen Puls erfühlen und keine weiteren Manipulationstechniken (wie z. B. Anhalten des Atems) anwenden, um die Wahrnehmung des Herzschlags zu erleichtern. Nach jedem Intervall werden die Versuchspersonen aufgefordert, ihre gezählten Herzschläge mitzuteilen – entweder mündlich oder durch die Eingabe an einem Computer. Der Beginn und das Ende des Intervalls werden entweder durch den Versuchsleiter mitgeteilt oder durch einen Ton verdeutlicht. Entscheidend ist auch, dass die Versuchspersonen keine Informationen über die Länge der verschiedenen Intervalle oder ein Feedback zu ihrer Performanz erhalten. Die objektive

Erfassung der Herzschläge erfolgt hierbei ganz unterschiedlich. So nutzten verschiedene wissenschaftliche Arbeiten eine Polaruhr (z. B. Modell RS800CX), welche sich besonders für Erhebungen außerhalb des Labors eignet, einfach in der Anwendung und non-invasiv ist (z. B. Ferentzi, Horváth & Köteles, 2019; Fischer et al., 2016; Koch & Pollatos, 2014b; Young et al., 2017). Weitere Möglichkeiten zur Erfassung sind das Elektrokardiogramm (z. B. Kennedy et al., 2019; Meyerholz et al., 2019; Richard et al., 2019) oder das Pulsoximeter (z. B. Nicholson, Williams, Carpenter & Kallitsounaki, 2019; Shah, Hall, Catmur & Bird, 2016; Terasawa, Moriguchi, Tochizawa & Umeda, 2014). Für den Vergleich der subjektiv und objektiv erfassten Parameter und die Ermittlung eines standardisierten Wertes für die interozeptive Akkuranz wird folgende Formel verwendet:

$$\text{Akkuranz Score} = \frac{1}{n}\sum 1 - \left(\frac{|\text{ objektive Herzschläge} - \text{subjektive Herzschläge}|}{\text{objektive Herzschläge}}\right)$$

n = Anzahl der Intervalle

Der ermittelte Wert liegt zwischen 0 und 1, wobei ein höherer Wert eine bessere Herzwahrnehmung und damit eine bessere interozeptive Akkuranz repräsentiert.

Eine weitere Methode zur Erfassung der kardiovaskulären Akkuranz ist die Herzdiskriminationsaufgabe nach Whitehead et al. (1977). Dabei sollen die Versuchspersonen entscheiden, ob ein akustisches oder visuelles Signal synchron oder asynchron zu ihrem eigenen Herzschlag präsentiert wurde. Hieraus lässt sich ableiten, dass die Aufmerksamkeit sowohl auf interne als auch auf externe Reize gerichtet ist, während bei dem Herzwahrnehmungstest der Fokus allein auf körperinterne Signale gerichtet ist (Schulz, Lass-Hennemann, Sütterlin, Schächinger & Vögele, 2013). Demnach ist eine Vergleichbarkeit beider Erhebungsmethoden eher schwierig. Festzuhalten bleibt, dass ein Großteil wissenschaftlicher Arbeiten den Herzwahrnehmungstest nach Schandry (1981) verwendet (z. B. Brener & Ring, 2016; Christensen, Gaigg & Calvo-Merino, 2018; Pollatos et al., 2008).

Neben der kardiovaskulären Akkuranz können auch Messungen hinsichtlich anderer körperinterner Signale erfolgen. Hierzu zählen vorrangig die Erfassung gastrointestinaler sowie respiratorische Signale. Da letztere nicht Teil der vorliegenden Dissertation sind, werden diese nur kurz erläutert. Bei dem sogenannten Waterload-Test zur Erfassung der Wahrnehmung gastrointestinaler Signale wird der Proband instruiert, so lange aus einer nicht-transparenten Flasche

zu trinken, bis ein Sättigungs-/Völlegefühl erreicht wird (Herbert, Muth, Pollatos & Herbert, 2012; van Dyck et al., 2016). Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass Versuchspersonen mit einer höheren kardiovaskulären Akkuranz weniger Wasser konsumierten, da diese das Gefühl von Sättigung und Völle schneller wahrnehmen konnten als Versuchspersonen mit einer geringeren Akkuranzleistung. Bei der respiratorischen Akkuranz geht es um die Wahrnehmung eines Widerstandes während des Ein- oder Ausatmens, wobei dieser anhand einer Skala klassifiziert werden soll (Garfinkel, Manassei et al., 2016; Harver, Katkin & Bloch, 1993; Pollatos, Herbert, Mai & Kammer, 2016). Insgesamt lässt sich festhalten, dass es nur wenige Studien gibt, die mindestens zwei Erfassungsmöglichkeiten unterschiedlicher Modalitäten berücksichtigen. Darüber hinaus konnten in diesen Arbeiten nur geringe oder keine Zusammenhänge nachgewiesen werden (z. B. Ferentzi et al., 2018; Ferentzi et al., 2019; Garfinkel, Manassei et al., 2016; Herbert, Muth et al., 2012; Nicholson et al., 2019; Pollatos, Herbert, Mai et al., 2016; van Dyck et al., 2016).

Eine weitere Dimension in dem multidimensionalen Modell von Garfinkel et al. (2015) ist die interozeptive Sensibilität. Diese zielt darauf ab, das subjektive Empfinden sowie die Wahrnehmung des körperinternen Zustandes mittels Fragebogen oder Sicherheitsabfrage zu quantifizieren. Im deutschsprachigen Raum kommen vor allem der Fragebogen zur Körperwahrnehmung (engl. Body Perception Questionnaire; speziell die Subskala „Bewusstsein“; Porges, 1993) sowie das Multidimensional Assessment of Interoceptive Awareness (MAIA; Mehling et al., 2012) zum Einsatz. Die Items des Fragebogens zur Körperwahrnehmung beziehen sich auf das alltägliche Wahrnehmen körperlicher Signale oder auch körperlicher Symptome und umfassen eine Liste typischer Beschreibungen verschiedener Körperprozesse („Während der meisten Situationen bin ich mir der folgenden Prozesse bewusst…“, z. B., dass mein Mund trocken ist; wie stark mein Herz schlägt). Bei dem MAIA kommen beispielsweise folgende Items vor: „Ich bemerke Veränderungen in meiner Atmung, zum Beispiel ob ich langsamer oder schneller atme.“; „Ich lenke mich von unangenehmen Empfindungen ab.“. Insgesamt existieren bei dem MAIA acht Subskalen: Bemerken, Nicht-Ablenken, Sich-Keine-Sorgen-Machen, Aufmerksamkeits-Regulation, Emotionales Gewahrsein, Selbst-Regulation, Auf-den-Körper-Hören, Vertrauen. Aufgrund der geringen internalen Konsistenz zweier Subskalen erfolgte eine Überarbeitung des MAIA (Mehling, Acree, Stewart, Silas & Jones, 2018). Bisher gibt es für diese überarbeitete Version jedoch noch keine deutsche Übersetzung. Im Kontext von Essstörungen existiert zur Erfassung der subjektiven Sensibilität gegenüber körperinternen Signales auch das Eating Disorder Inventory-2 (speziell die Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“; Paul &

Thiel, 2014). Als Beispielitems seien hierbei die Folgenden zu nennen: „Ich weiß nicht, was in mir vorgeht.“ oder „Ich werde ängstlich, wenn meine Gefühle zu stark werden.“.

Zur Erhebung der subjektiv eingeschätzten interozeptiven Wahrnehmung zählt ebenso die Abfrage der Sicherheit, beispielsweise direkt nach jedem Intervall bei der Herzwahrnehmungsaufgabe auf einer Rating- oder visuellen Analogskala (Garfinkel et al., 2015; Khalsa et al., 2008; Pollatos & Fischer, 2018). Hierbei werden die Probanden gefragt, wie sicher sie sich während der Herzwahrnehmungsaufgabe gefühlt haben. Da die Abfrage nach jedem Intervall erfolgt, wird die entsprechende Angabe über die Anzahl der Intervalle gemittelt. Insgesamt lässt sich für die Dimension der interozeptiven Sensibilität festhalten, dass hierbei insbesondere die kognitiven Prozesse wie Aufmerksamkeit auf den Körper sowie die damit verbundenen Bewertungen, Erinnerungen und Einstellungen einbezogen werden. Demzufolge liegt der Fokus dieser Komponente auf der subjektiven Einschätzung der interozeptiven Signalwahrnehmung (Mehling et al., 2009; Pollatos & Fischer, 2018).

Neuere wissenschaftliche Arbeiten achten explizit auf den Einschluss der beiden Dimensionen der interozeptiven Akkuranz und Sensibilität (u. a. Ferentzi et al., 2019; Garfinkel, Tiley et al., 2016; Meessen et al., 2016; Pollatos & Georgiou, 2016; Pollatos, Herbert, Mai et al., 2016). Es gilt anzumerken, dass es unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich des Zusammenhangs von interozeptiver Akkuranz und Sensibilität gibt. Während Garfinkel et al. (2015) einen Zusammenhang zwischen interozeptiver Akkuranz (Herzwahrnehmungstest) und Sensibilität (Sicherheitsrating) fanden, jedoch nicht hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen interozeptiver Akkuranz (Herzdiskriminationsaufgabe) und Sensibilität (Sicherheitsrating), berichten Forkmann et al. (2016) diese Ergebnisse genau in umgekehrter Reihenfolge. Die Autoren beider Studien schlussfolgerten anhand ihrer Ergebnisse, dass die objektiven und subjektiven Interozeptionsdimensionen der interozeptiven Akkuranz und Sensibilität als separate Facetten betrachtet werden müssen. Dies kann ebenso durch die Studie von Weineck, Messner, Hauke und Pollatos (2019) bestätigt werden, welche keinen Zusammenhang zwischen der Leistung bei dem Herzwahrnehmungstest und der abgefragten Sicherheit fanden.

Die dritte und letzte Dimension der Interozeption ist die metakognitive Ebene (Garfinkel et al., 2015; Pollatos & Fischer, 2018; Pollatos & Herbert, 2018). Diese beschreibt die Korrespondenz

der beiden ersten Dimensionen der interozeptiven Akkuranz und Sensibilität (z. B. die Korrelation von Score der interozeptiven Akkuranz aus dem Herzwahrnehmungstest und dem gemittelten Wert des Sicherheitsratings während der Herzwahrnehmungsaufgabe).

In einem neueren Modell von Murphy et al. (2019) erfolgt eine weitere Unterteilung der Facetten der Interozeption. Hierbei verweisen die Autoren darauf, dass zu den beiden bisher verwendeten Erhebungsansätzen der interozeptiven Sensibilität (Fragebogen vs. Sicherheitsrating) kein nachweislicher Zusammenhang aufgezeigt werden konnte (z. B. Critchley, Wiens, Rotshtein, Öhman & Dolan, 2004; Emanuelsen, Drew & Köteles, 2015; Ferentzi et al., 2018; Ferentzi et al., 2019; Garfinkel et al., 2015; Khalsa et al., 2018; Pollatos & Georgiou, 2016). Zudem ist es unterschiedlich, ob Personen im Alltag einen erhöhten Fokus auf ihre körperinternen Signale haben (= Fragebögen) oder ob sie eine erhöhte Akkuranz in dem Moment aufzeigen, in dem auch der erhöhte Fokus gewünscht ist (= Sicherheitsrating). Auf Grundlage dessen schlagen Murphy et al. (2019) ein 2x2-Modell vor (siehe Abbildung 2), wobei sie eine Unterteilung in zwei Faktoren vornehmen: (1) *Was* wird gemessen? (Akkuranz x Aufmerksamkeit) und (2) *Wie* wird es gemessen? (Behaviorale Testung x Selbstreport). Diese zwei Faktoren werden zudem erneut unterteilt: Faktor (1) in Akkuranz und Aufmerksamkeit sowie Faktor (2) in Performanz und Glauben.

		Faktor 1: *Was* wird gemessen?	
		Akkuranz	Aufmerksamkeit
Faktor 2: *Wie* wird es gemessen?	Behaviorale Tests	Erfassung über behaviorale Tests (u. a. Herzwahrnehmungsaufgabe)	Aufmerksameit hinsichtlich interozeptiver Signale (u. a. Experience Sampling Methode)
	Selbstreport	Selbstreport hinsichtlich des Glaubens der eigenen interopzeptiven Wahrnehmung (u. a. Sicherheitsrating)	Selbstreport hinsichtlich der eigenen Aufmerksamkeit gegenüber interozeptiven Signalen (u. a. Fragebogen zur Körperwahrnehmung)

Abbildung 2. Multidimensionales Modell der Interozeption in Anlehnung an Murphy et al. (2019)

Zur Akkuranz x behaviorale Tests zählt wie im Modell von Garfinkel et al. (2015) die Erfassung der Interozeption über behaviorale Tests (u. a. Herzwahrnehmungs- oder Herzdiskriminations-

verfahren). Eine noch nicht berücksichtigte Methode ist die Verbindung von Aufmerksamkeit x behaviorale Tests, wozu die objektive Aufmerksamkeit gegenüber interozeptiven Signalen gezählt wird. Als Beispiel geben Murphy et al. (2019) hier die Experience-Sampling-Methode an, welche aktuell große Anerkennung in anderen Fachbereichen findet (u. a. Barrett, Quigley, Bliss-Moreau & Aronson, 2004; Pannicke, Reichenberger, Schultchen, Pollatos & Blechert, in preparation; Schultchen, Reichenberger et al., 2019; Vaessen et al., 2018). Die Studie von Kok und Singer (2017) knüpft mit Abfragen zur interozeptiven Sensibilität vor und nach jeder regelmäßig durchgeführte Meditation über einen 9-monatigen Zeitraum an und greift damit die Experience-Sampling-Methode im Kontext der Interozeptionsforschung erstmals auf. Das Sicherheitsrating sowie die Fragebogenerfassung (= interozeptive Sensibilität) werden in dem neueren Modell von Murphy et al. (2019) unterteilt. Dementsprechend ist das Sicherheitsrating bezüglich der Erhebung des eigenen Glaubens in Akkuranz x Selbstbericht und die Fragebogenerfassung in die Erhebung des eigenen Glaubens zur Aufmerksamkeit x Selbstbericht einzuordnen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Modell von Garfinkel et al. (2015) eine gute Grundlage für eine einheitliche Begriffsdefinition liefert, wobei jedoch auch hier Unklarheiten vorherrschen (z. B., ob sich das Sicherheitsrating wirklich der interozeptiven Sensibilität zuordnen lässt und ob eine Differenzierung aufgrund der teilweise fehlenden Zusammenhänge zwischen interozeptiver Akkuranz und Sensibilität (Sicherheitsrating oder Fragebogen) nötig wäre). Diese unklaren Aspekte werden unter anderem in dem Modell von Murphy et al. (2019) aufgegriffen. Demzufolge lässt sich festhalten, dass dieses Modell eine weitere Möglichkeit für ein besseres Verständnis der verschiedenen Dimensionen der Interozeption liefert und den Ansatz von Garfinkel et al. (2015) ergänzt. Weitere in dem Kapitel nicht näher beschriebene Indikatoren der Interozeption sind der *Trait Interoception Prediction Error* (z. B. Garfinkel, Tiley et al., 2016; Rae, Larsson, Garfinkel & Critchley, 2019; Young, Gaylor, Kerckhove, Watkins & Benton, 2019) und die *emotionale Evaluation* (Valenz-, Arousal- und Angstlevel werden hierbei ähnlich wie bei dem Sicherheitsrating beispielsweise nach jedem Intervall des Herzwahrnehmungstests abgefragt; siehe Pollatos, Herbert, Mai et al., 2016), welche bereits in verschiedenen aktuellen Forschungsarbeiten Anwendung finden. Die Erfassung der emotionalen Evaluation ist insbesondere aufgrund des Zusammenhangs zwischen interozeptiven Prozessen und Emotionen in die Forschung eingeführt worden (siehe Kapitel 1.3 und 1.4.1).

1.3 Wichtige Theorien zur Emotionsentstehung und Verarbeitung interozeptiver Prozesse

Nachfolgend soll detailliert beschrieben werden, wie die Wahrnehmung interozeptiver Empfindungen in bewusste Informationen übergeht und welche Signale im menschlichen Körper verarbeitet werden. Dafür werden verschiedene zugrundeliegende periphere Emotionstheorien und ein neuerer Ansatz des Predictive Codings eingeführt.

In den letzten Jahren standen vor allem die sogenannte periphere Emotionstheorien von James (1884), Schachter und Singer (1962) sowie Damasio (1994) im Vordergrund. Im Rahmen der James-Lange-Theorie postulierten James und Lange (1884/1885) erstmals, dass die Entstehung von Emotionen grundsätzlich von der Wahrnehmung körperinterner Signale beziehungsweise den damit verbundenen Reaktionen abhängt. Unterstrichen wurden die Postulate durch die beispielhafte Angabe verschiedener körperlicher Reaktionen, welche letztlich unumkehrbar zur Entstehung der Emotionen führen: „*We feel sorry because we cry, angry because we strike, afraid because we tremble, and not that we cry, strike, or tremble, because we are sorry, angry, or fearful, as the case may be.*" (S. 190). Demzufolge führt erst die konkrete Wahrnehmung viszeraler, vaskulärer oder somatischer Veränderungen (z. B. erhöhter Herzschlag/Herzrasen, Steigerung der Atemfrequenz, Schwitzen, Muskelanspannungen) zu einer konkreten Reaktion in Form einer Emotion (z. B. Angst, Freude, Wut, Ekel, Überraschung), was letztendlich auch den Zusammenhang von Emotionserleben und Interozeption aufzeigt (Herbert & Pollatos, 2008). Darauf aufbauend merkten Schachter und Singer (1962) an, dass hierbei auch der kognitiven Bewertung entsprechender körperlicher Veränderungen eine entscheidende Bedeutung zukommt. Sollte demzufolge eine alternative kognitive Erklärung (z. B. Einnahme eines Medikamentes) vorliegen, werden entsprechende körperliche Veränderungen darauf attribuiert und somit würde eine weniger intensive emotionale Reaktion erfolgen oder gar ausbleiben (Schandry, 2011). Hinsichtlich der Annahme, dass körperliche Erregungen für die Wahrnehmung einer Emotion entscheidend sind, stimmen die Theorien von James und Lange (1884/1885) sowie Schachter und Singer (1962) überein.

Aufbauend auf den bisherig beschriebenen Emotionstheorien setzte Damasio (1994, 1998, 2000) mit seiner Hypothese der somatischen Marker unter Einbezug neurowissenschaftlicher Erkenntnisse an. Aus seiner Perspektive sollten auch peripher-physiologische Prozesse betrachtet werden. Dabei fokussiert er sich hinsichtlich der Entstehung von Emotionen vor allem auf

somatosensorisches und viszerales Feedback an das Gehirn, welches als „Body Loop“ bezeichnet wird. Entsprechende Handlungs- und Urteilsprozesse sind hierbei auf Signale sogenannter somatischer Marker zurückzuführen (Bechara, 2011). Demzufolge kann davon ausgegangen werden, dass jeder Mensch ein emotionales Erfahrungsgedächtnis besitzt, bei dem entsprechende Erlebnisse sowie damit verbundene Körperempfindungen und Gefühle abgespeichert werden. Diese Erfahrungen werden zudem mit einer entsprechenden positiven oder negativen Bewertung versehen. Tritt nun eine ähnliche Situation erneut auf und der damit verbundene Reiz wird wahrgenommen, werden diese gespeicherten somatischen Marker aktiviert und zur Entscheidungserleichterung verwendet. Die Marker beinhalten die körperlichen Reaktionen sowie die Wahrnehmung dieser und der darauffolgenden Emotion in entsprechenden neuronalen Netzwerken. Ein somatischer Marker kann ebenso durch die bloße Vorstellung ausgelöst werden und somit können entsprechende Handlungen auf Basis der simulierten Körperreaktionen und verbundenen Emotionen imaginär abgewogen oder beibehalten werden (= „As-if-Body-Loop“). Diese Prozesse verlaufen oftmals automatisch und sind uns allgemein wenig bewusst (Damasio, 2006). Hervorzuheben ist, dass die ausgelösten Marker sowie die damit verbundenen körperlichen Reaktionen und dadurch ausgelösten Emotionen erforderlich für Entscheidungsprozesse sind, was bereits mehrheitlich anhand verschiedener Studien belegt werden konnte (z. B. Dunn et al., 2010; Herman, Rae, Critchley & Duka, 2019; Kandasamy et al., 2016; Sokol-Hessner, Hartley, Hamilton & Phelps, 2015; Werner, Jung, Duschek & Schandry, 2009; Wölk, Sütterlin, Koch, Vögele & Schulz, 2014). Einen sehr guten Überblick über die verschiedenen Zusammenhänge zwischen Interozeption und finanziellen Entscheidungsprozessen sowie damit verbundenen Berufsgruppen geben Newell und Anthony (2019).

Eine neuere Theorie in diesem Kontext stellt das Predictive Coding-Modell dar, welches vor allem die Verarbeitung interozeptiver Signale thematisiert. Das Original fokussiert sich hauptsächlich auf die Verarbeitung visueller Informationen (Friston, 2005, 2009; Friston, Kilner & Harrison, 2006). Darauf aufbauend wurde die Theorie später auf den Kontext der Interozeption übertragen (Ainley, Apps, Fotopoulou & Tsakiris, 2016; Edwards, Adams, Brown, Pareés & Friston, 2012; Friston, 2009; Sel, 2014; Seth et al., 2012; Seth, 2013). Der Fokus des Modells liegt dabei auf dem Abgleich der Wahrnehmung externaler Faktoren und interozeptiver Signale. Allgemein beschreibt das Predictive Coding-Modell ein hierarchisches System zur Informationsverarbeitung (Friston, 2005), welches bisher überwiegend theoretischen Überlegungen unterliegt.

Die Kernaussage der Theorie beruht darauf, dass die individuelle Wahrnehmung entsprechend eigener Modelle strukturiert und ausgerichtet wird. Diese Modelle werden als *Priors* bezeichnet. Seth et al. (2012) gehen davon aus, dass insbesondere interozeptive Signale eine wichtige Informationsquelle für die Überprüfung dieser Priors darstellen. Basierend auf der Hypothese der hierarchischen Informationsverarbeitung erfolgt durch die Wahrnehmung eines Reizes und damit eingehender Informationen über Sinnesmodalitäten sowie interozeptiver Signale ein Abgleich zwischen der angenommenen Reaktion (basierend auf früheren Erfahrungen) und der individuell wahrgenommenen Reaktion (Friston, 2005). Liegt eine Diskrepanz zwischen angenommener und wahrgenommener Reaktion und somit des früheren und aktuellen internalen Modells vor, wird dies als *Prediction Error* bezeichnet (Friston, 2005; Tsakiris, 2017). Letztlich muss diese Diskrepanz jedoch so gering wie möglich gehalten werden, um die Homöostase herzustellen beziehungsweise aufrechtzuerhalten. Um dies zu ermöglichen, werden entsprechende Adaptionsprozesse vom Organismus vorgenommen (Friston, 2009). Diese erfolgen, indem der bestehende Prior hinterfragt wird und entweder die Vorhersage an die eintreffenden Informationen angepasst wird oder die eintreffenden Informationen so ausgewählt werden, dass sie mit der Vorhersage übereinstimmen. Demzufolge handelt es sich bei den Wahrnehmungsprozessen um aktive Prozesse, die schrittweise erfolgen, indem unser System bestimmte Inhalte antizipiert beziehungsweise der Abgleich von bestehenden und einkommenden Signalen erfolgt und je nach Erfordernis modifiziert wird (Feldman & Friston, 2010; Friston, 2009). Eine zentrale Grundannahme der Theorie ist das *Prinzip der „freien Energie"* (free energy), welche besagt, dass der Körper darauf ausgerichtet ist, dass eine möglichst hohe Adaption an die Umwelt vorgenommen wird. Zusätzlich wird versucht, entsprechende Differenzen zwischen den sensorischen Empfindungen, mit denen der Körper konfrontiert wird, und solchen, die er aufgrund internaler Modelle annimmt, zu minimieren (Friston, 2005, 2009). Insgesamt erfolgt immer wieder eine Anpassung der Priors, um möglichst gute Vorhersagen zu treffen.

Übertragen auf die Interozeption kann das Modell wie folgt interpretiert werden: Alle sensorischen Empfindungen reflektieren auch den Zustand des Körpers aufgrund der Veränderung und der spezifischen Wahrnehmung interozeptiver Signale (Barrett & Simmons, 2015; Edwards et al., 2012; Fotopoulou, 2013; Seth, 2013; Seth & Friston, 2016). Wenn der aktuelle Zustand des Körpers nicht mit dem vorhergesagten Zustand des Körpers übereinstimmt, kommt es auch hier wieder zu einem Prediction Error, was wiederum zu einem Ungleichgewicht führt (Seth et al., 2012). Darüber hinaus halten Ainley et al. (2016) fest, dass interozeptive Prediction Errors Emotionen, speziell der Angst, unterliegen.

Die probabilistischen Vorhersagen zu den Priors verlaufen anhand der hierarchischen Gehirnstrukturen nach dem Top-down-Prinzip, während der Prediction Error nach dem Bottom-up-Prinzip verläuft, um eine Minimierung von Diskrepanzen auf höherer Ebene zu erzielen (Friston, 2009). Diese Prozesse sind uns meist nicht bewusst, jedoch ist es so, dass auch ein erhöhter Fokus auf interozeptiven Signalen bestehen kann (z. B. Aufmerksamkeit nach dem Top-down-Prinzip während der Herzwahrnehmungsaufgabe, weil bei dieser eine erhöhte Aufmerksamkeit erforderlich ist; wird jedoch von dem Individuum ein Herzrasen wahrgenommen wird, führt dies zu einer Bottom-up-Aktivierung, die nach Gründen für die entstandene Erregung sucht). Höhere interozeptive Akkuranz ist somit vorteilhaft, da diese zu einer besseren Präzision bezüglich der Priors führt und damit reliablere interozeptive Informationen bereitgestellt werden (Ainley et al., 2016). Im Gegensatz dazu steht die Idee, dass bei psychiatrischen und psychosomatischen Störungsbildern aufgrund der beeinträchtigten interozeptiven Fähigkeiten Probleme hinsichtlich der Adaption bei einem Prediction Error bestehen und dies wiederum zu einem Ungleichgewicht im Körper führt (Khalsa & Lapidus, 2016). Gleichzeitig führt eine verminderte interozeptive Akkuranz dazu, dass die Vorhersagen weniger präzise und damit auch weniger reliabel sind. Die Theorie könnte zudem ein mögliches Erklärungsmuster darstellen, warum Personen mit einer besseren Interozeption in belastenden oder stressigen Situationen besser adaptieren und flexibler auf diese reagieren können (Ainley et al., 2016). Dies lässt sich ebenso auf die Selbst- und Emotionsregulation übertragen. Erste empirische Evidenz konnte in der Studie von Young und Benton (2018) gezeigt werden. Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass Personen mit einer höheren interozeptiven Akkuranz und nach dem Trinken eines Glucosehaltigen Getränks ein geringeres Glucose-Level, ein reduziertes Angstlevel und eine bessere Anpassung von Parametern des autonomen Nervensystems aufzeigten. Die Autoren interpretierten die vorliegenden Ergebnisse dahingehend, dass diese Personen effektiver den Prediction Error minimieren konnten und somit flexibler und präziser auf solche Veränderungen reagierten.

Hinsichtlich des Einbezugs exterozeptiver Signale sollte zudem festgehalten werden, dass Personen mit einer geringen interozeptiven Vorhersagekraft eher auf exterozeptive Signale (z. B. visuelle und taktile Signale) vertrauen, um interozeptive und propriozeptive Signale einzugrenzen (Tsakiris, Tajadura-Jiménez & Costantini, 2011). Im Gegensatz dazu fokussieren sich Personen mit einer höheren interozeptiven Vorhersagekraft weniger auf exterozeptive Signale.

Zusammenfassend zeigt sich, dass Personen auf körperliche Veränderungen automatisch und auch bewusst reagieren und insbesondere die Intensität von Emotionen an solchen Wahrnehmungen festgemacht werden kann, wobei mögliche kognitive Prozesse berücksichtigt werden müssen, etwa ob alternative Erklärungen für körperliche Veränderungen vorliegen könnten. Darüber hinaus zeigt das Predictive Coding-Modell, dass eine kontinuierliche Überprüfung hinsichtlich erwarteter und tatsächlich eingetretener interozeptiver Empfindungen auftritt. Kommt es zu Abweichungen von den Annahmen und der postulierten Modelle, entsteht ein sogenannter Prediction Error. Dabei konnte nachweislich gezeigt werden, dass Personen mit einer höheren interozeptiven Akkuranz flexibler auf diesen reagieren können und entsprechende Anpassungsprozesse schneller vornehmen. Hieraus lässt sich ableiten, dass die Förderung interozeptiver Prozesse von hoher Relevanz ist, um Personen schneller und flexibler auf bestimmte Anforderungen reagieren zu lassen.

1.4 Interindividuelle Unterschiede in interozeptiven Prozessen

Anhand der theoretischen Modelle konnte bereits dargestellt werden, dass es einen Zusammenhang zwischen Interozeption und Emotionen gibt. Dieser soll zusätzlich im Folgekapitel (Kapitel 1.4.1) anhand empirischer Arbeiten abgebildet werden. Des Weiteren sollen auch diverse Zusammenhänge mit gesundheitsrelevanten Variablen (Kapitel 1.4.2) und Einflüsse auf interozeptive Prozesse (Kapitel 1.4.3) gezeigt werden. Darüber hinaus konnte mittels verschiedener Studien belegt werden, dass es unterschiedliche Ausprägungen interozeptiver Prozesse in verschiedenen klinischen Störungsbildern gibt, welche in Kapitel 1.4.4 anhand einer Auswahl thematisiert werden.

1.4.1 Interozeptive Prozesse und Emotionen

In verschiedenen Studien konnte bereits nachgewiesen werden, dass Personen mit einer höheren interozeptiven Akkuranz gegenüber körperinternen Signalen auch eine höhere emotionale Reaktivität während der Präsentation von Bildern und Filmen zeigen (Dunn et al., 2010; Herbert et al., 2010; Mikkelsen, O'Toole, Lyby, Wallot & Mehlsen, 2019; Pollatos & Gramann, 2012; Pollatos, Herbert, Matthias et al., 2007; Pollatos & Schandry, 2008; Wiens, Mezzacappa & Katkin, 2000). Ebenso erfolgt bei der Untersuchung des Zusammenhangs von Interozeption und Emotionen eine intensivere peripher-physiologische und zentrale Verarbeitung (Herbert, Pollatos & Schandry, 2007; Terasawa et al., 2014). Bezogen auf die Dimensionen der Emotionsverarbeitung waren dies insbesondere eine höhere Intensität beziehungsweise eine vertiefte Verarbeitung von emotionalen Inhalten bei höherer interozeptiver Akkuranz.

In Übereinstimmung mit den bisherigen Evidenzen konnten neuronale Strukturen als Schnittstelle zwischen Interozeption und Emotionen identifiziert werden, die als Teil des interozeptiven Netzwerkes gelten (Craig, 2002, 2003, 2009; Garfinkel, Critchley & Pollatos, 2016; Wiens, 2005; Zaki, Davis & Ochsner, 2012). Zu diesem Netzwerk zählen Teile des somatosensorischen Cortex, die (rechte) anteriore Insula, der anteriore cinguläre Cortex, der ventromediale und der dorsolaterale präfrontale Cortex (Critchley et al., 2004; Garfinkel, Critchley et al., 2016; Pollatos, Schandry, Auer & Kaufmann, 2007). Hieraus lässt sich die Annahme ableiten, dass die Wahrnehmung körperinterner Signale, bei der auch eine Aktivierung der genannten Gehirnregionen erfolgt, zentral für das emotionale Erleben sowie für kognitive und körperliche Reaktionen ist (u. a. Craig, 2003, 2009; Critchley et al., 2003; Dunn et al., 2010; Smith & Lane, 2016). Interessanterweise konnte in einer Studie von Mai, Braun, Probst, Kammer und Pollatos (2019) gezeigt werden, dass die Stimulation der anterioren Insula und des somatosensorischen Cortex mittels repetitiver transkranieller Magnetstimulation zu einer gestörten emotionalen Verarbeitung von Arousal und Valenz bei der Evaluation emotionalen Bildmaterials führt. Einen weiteren Überblick über den Zusammenhang von Interozeption und Emotionen geben auch Critchley und Garfinkel (2017), die entsprechende emotionale Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse spezifischer beschreiben.

Ähnliche Ergebnisse hinsichtlich des positiven Einflusses von Interozeption auf die Intensität von Emotionen konnte auch anhand der Emotions- sowie der Selbstregulation aufgezeigt werden, welche folgend spezifischer beschrieben werden. Dies betrifft speziell die Regulierung von Emotionen in einer Situation mit einem hohen Arousal. Beispielsweise konnten Probanden mit einer höheren interozeptiven Akkuranz ihre Emotionen während der Präsentation negativer Stimuli besser regulieren, wenn sie auf kognitive Neubewertungen zur Emotionsregulation setzten (Füstös et al., 2013). Ebenso zeigten Probanden mit einer höheren interozeptiven Akkuranz auch eine bessere Emotionsregulation sowie eine größere Brandbreite an dispositionellen Emotionsregulationsstrategien (Pollatos, Matthias & Keller, 2015). Auch unter der Bedingung des sozialen Ausschlusses berichteten Personen mit einer höheren interozeptiven Akkuranz weniger negative Stimmung; somit können sie besser mit negativen Emotionen umgehen und sind weniger verletzlich, wenn es zu sozialen Ausschlusssituationen kommt. Ähnliche Ergebnisse fanden auch Werner, Kerschreiter, Kindermann und Duschek (2013). Übereinstimmend damit zeigten Kever, Pollatos, Vermeulen und Grynberg (2015), dass eine höhere interozeptive Akkuranz sowohl mit mehr kognitiver Bewertung als auch mit einer erhöhten Unterdrückung von

Emotionen assoziiert war. Dies bedeutet, dass Personen mit einer besseren interozeptiven Akkuranz eine größere Variabilität an Bewältigungsstrategien in einer spezifischen Situation haben. Eine aktuelle Studie von Zamariola, Luminet, Mierop und Corneille (2019) konnte die Ergebnisse von Pollatos et al. (2015) und Werner et al. (2013), dass interozeptive Fähigkeiten wichtig für die Regulation negativer Emotionen in verschiedenen Ausschlussmanipulationen sind, nicht bestätigen, wobei hier die Verteilung der Werte bei der Herzwahrnehmungsaufgabe kritisch bewertet werden muss.

Aus der Betrachtung der vorgestellten Studien sollte letztlich deutlich hervorgehen, dass eine bessere interozeptive Wahrnehmungsfähigkeit mit einer intensiveren Wahrnehmung von Emotionen sowie einer besseren Emotions- und Selbstregulation einhergeht. Dies stimmt auch mit den Studien überein, welche eine verminderte Interozeption bei verschiedenen psychischen Störungen (u. a. Depression, Autismus und Anorexia nervosa) nachweisen. Darüber hinaus zeigen diese Patientengruppen zudem häufig Probleme bei der Emotionswahrnehmung und -regulation auf (z. B. Dunn, Dalgleish, Ogilvie & Lawrence, 2007; Fischer et al., 2016; Garfinkel, Tiley et al., 2016; Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016), wodurch der Zusammenhang von Interozeption und Emotionen weiter untermauert werden kann. Eine spezifische Erläuterung der veränderten Interozeption in klinischen Störungsbildern erfolgt in Kapitel 1.4.4.

1.4.2 Interozeptive Prozesse und der Zusammenhang mit verschiedenen gesundheitsrelevanten Variablen

Der Zusammenhang zwischen interozeptiven Prozessen und Emotionen wurde bereits im vorherigen Kapitel ausführlich dargestellt. Aus den Ergebnissen lässt sich an dieser Stelle bereits ableiten, dass Interozeption wichtig für die mentale Gesundheit ist. Weitere zusammenhängende gesundheitsrelevante Faktoren sollen im Rahmen dieses Kapitels dargestellt werden. Dazu zählen das Gewicht, das körperliche Aktivitäts-/Fitnesslevel sowie Stress. Hieran lässt sich bereits erkennen, dass es sich um Bereiche handelt, die klassischerweise als Hauptsäulen von Prävention im Gesundheitssektor gelten. Auch dem Thema Achtsamkeit kommt hierbei eine entscheidende Rolle zu, welche jedoch erst in Kapitel 1.5 im Detail aufgegriffen wird.

In der Studie von Herbert und Pollatos (2014) sowie Koch und Pollatos (2014b) zeigte sich, dass übergewichtige und adipöse Personen sowie übergewichtige Kinder eine geringere Wahrnehmung kardiovaskulärer Signale aufweisen. In Kapitel 1.4.1 wurde bereits beschrieben, dass eine höhere Aktivität der Insula mit einer gesteigerten interozeptiven Akkuranz einhergeht

(z. B. Critchley et al., 2004; Pollatos, Schandry et al., 2007). Im Zusammenhang mit adipösen Personen zeigt sich hingegen, dass die Aktivierung der Insula negativ mit der interozeptiven Akkuranz zusammenhängt (Mata, Verdejo-Roman, Soriano-Mas & Verdejo-Garcia, 2015). Als entscheidende Faktoren für den Zusammenhang von erhöhtem Gewicht und interozeptiver Akkuranz werden das verringerte intuitive Essverhalten sowie der erhöhte Körperfettanteil bei übergewichtigen und adipösen Personen angegeben. Für die interozeptive Sensibilität konnten vergleichbare Defizite in diesen Populationen bestätigt werden (Clausen, Rosenvinge, Friborg & Rokkedal, 2011; Fassino, Pierò, Gramaglia & Abbate-Daga, 2004; Matsumoto et al., 2006; Willem et al., 2019). In der Studie von Willem et al. (2019) wurde zusätzlich zwischen Personen mit einer moderaten und schweren Adipositas unterschieden, wobei keine Unterschiede hinsichtlich der interozeptiven Sensibilität ausgemacht werden konnten. Inwieweit Essstörungen wie Anorexia nervosa und Bulimia nervosa einen Einfluss auf interozeptive Prozesse haben, wird in Kapitel 1.4.4 spezifischer erläutert. Zusammengefasst zeigen sich für den Zusammenhang von interozeptiver Akkuranz und Anorexia nervosa sowie Bulimia nervosa gemischte Ergebnisse, während die interozeptive Sensibilität bei beiden Essstörungsformen vermindert ist.

Dass auch das körperliche Aktivitäts-/Fitnesslevel für die Ausprägung des Zusammenhangs von Interozeption und dem Body Mass Index (BMI) entscheidend ist, konnte in einer Stichprobe von Kindern in der Studie von Georgiou et al. (2015) gezeigt werden. Bei schlechten Herzwahrnehmern zeigte sich, dass ein geringeres Fitnesslevel mit einem höheren BMI zusammenhängt. In weiteren verschiedenen Studien konnten das Fitnesslevel sowie die körperliche Aktivität auch als Einflussfaktoren auf die Interozeption nachgewiesen werden (Herbert, Ulbrich & Schandry, 2007; Montgomery & Jones, 1984). Entsprechende Erklärungsmuster können zum einen auf kardiovaskuläre Unterschiede (siehe Kapitel 1.4.3) und zum anderen auch auf das Gewicht zurückgeführt werden.

Auch Stress kann als gesundheitsrelevante Variable im Kontext der Interozeption betrachtet werden, insbesondere im Hinblick auf die Reaktionen der Stressachsen (Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse und das sympathische Nervensystem) sowie den damit verbundenen körperlichen Reaktionen (z. B. erhöhter Herzschlag, siehe Gerra et al., 2001; Kudielka, Buske-Kirschbaum, Hellhammer & Kirschbaum, 2004). Beide Achsen sind entscheidend für die Anpassung des Körpers an eine Stresssituation (Dallman, 1993; McEwen, 1998; Tsigos & Chrousos, 2002). Anzumerken bleibt, dass die Stressachsen besonders funktionell für die Reaktion auf akuten Stress sind. Im Gegensatz dazu ist insbesondere chronischer Stress

problematisch, da dieser verantwortlich für verschiedene gesundheitsrelevante Probleme sein kann (z. B. psychische Störungen, kardiovaskuläre Erkrankungen; Schulz & Vögele, 2015). Bisher liegen vorrangig Studien zum Einfluss und Zusammenhang von Interozeption mit akutem Stress vor (siehe das Review von Schulz & Vögele, 2015). Diese belegen, dass akute Stressreaktionen aufgrund verschiedener Stressoren einen Effekt auf sowie einen Zusammenhang mit interozeptiver Akkuranz darstellen. Hierzu zählen Stressoren wie das Halten einer Rede (Durlik, Brown & Tsakiris, 2014; Schandry & Specht, 1981; Stevens et al., 2011), Rechenaufgaben (Eichler & Katkin, 1994; Herbert et al., 2010), sportliche Verausgabung (Jones & Hollandsworth, 1981; Pollatos, Herbert, Kaufmann, Auer & Schandry, 2007) sowie der sogenannte Cold-Pressore-Test (Schulz et al., 2013). Ebenso konnte in einer aktuellen Arbeit von Maeda, Ogishima und Shimada (2019) erstmals mittels Einbezug eines psychophysiologischen Parameters (Speichelcortisol) gezeigt werden, dass eine erhöhte Cortisolproduktion – ausgelöst durch den Trier Social Stress Test (Kirschbaum, Pirke & Hellhammer, 1993) – mit einer erhöhten interozeptiven Akkuranz zusammenhängt. Spezifisch konnte im Rahmen dieser Studie nachgewiesen werden, dass eine erhöhte Herzwahrnehmungsleistung nur bei Personen, die mit einer erhöhten Cortisolproduktion auf den psychosozialen Stressor reagierten, beobachtet werden konnte.

In diesem Kapitel wurde dargelegt, dass Gewicht, körperliche Aktivität und Stress Komponenten sind, die einen Einfluss auf interozeptive Prozesse haben. Daraus lässt sich bereits ableiten, dass diese ebenso bei der Erfassung – speziell von interozeptiver (kardiovaskulärer) Akkuranz – Berücksichtigung finden sollten. Weitere Einflussfaktoren, die die Erhebung von interozeptiver Akkuranz und damit die Ergebnisse beeinflussen können, sollen im folgenden Kapitel aufgegriffen werden.

1.4.3 Weitere Einflussfaktoren auf interozeptive Prozesse

Zu den zu ergänzenden Einflussfaktoren auf die interozeptiven Prozesse zählen Alter und Geschlecht. Es gilt anzumerken, dass bisher größtenteils Arbeiten mit geringen Fallzahlen vorliegen und dass die Ergebnisse deshalb mit großer Vorsicht bewertet werden müssen. Eine übereinstimmende Protokollierung relevanter Einflussfaktoren – insbesondere bei der Erfassung der interozeptiven Akkuranz – fehlt in vergangenen Forschungsarbeiten.

Bisherige Arbeiten konnten belegen, dass Männer oftmals eine höhere interozeptive Akkuranz aufweisen als Frauen (Cameron, 2001; Grabauskaitė, Baranauskas & Griškova-Bulanova,

2017; Jones & Hollandsworth, 1981; Katkin, Blascovich & Goldband, 1981; Koch & Pollatos, 2014a; Ludwick-Rosenthal & Neufeld, 1985; Murphy, Brewer, Hobson, Catmur & Bird, 2018). Unterstrichen werden die Ergebnisse von Grabauskaitė et al. (2017), die in ihren zusätzlichen Analysen belegen, dass von elf Personen, die als gute Herzwahrnehmer quantifiziert werden, zehn Männer sind. Als Erklärung, dass Männer in der Herzwahrnehmungsaufgabe durchschnittlich besser sind, werden biomechanische Merkmale angegeben. So haben Männer ein durchschnittlich größeres Herzvolumen und eine stärkere Kontraktion des Herzmuskels, sodass die Wahrnehmung des Herzschlages erleichtert wird (Burke et al., 1987; Sarikouch et al., 2010; Shephard & Miller, 1999). Diese Ergebnisse werden ebenso gestützt von dem nachgewiesenen positiven Zusammenhang zwischen kardiovaskulärer Akkuranz und dem Schlagvolumen des Herzens (Schandry, Bestler & Montoya, 1993). Als weitere mögliche Begründung wird der Unterschied im systolischen Blutdruck von Frauen und Männern aufgeführt (Pennebaker & Hoover, 1984), was wiederum die Stärke des Pulses beeinflusst (O'Brien, Reid & Jones, 1998). Zudem konnte nachgewiesen werden, dass ein geringerer Körperfettanteil zu einer besseren Herzwahrnehmung führt (Jones, Jones, Rouse, Scott & Caldwell, 1987; Montgomery & Jones, 1984), was wiederum die Annahme zulässt, dass Frauen aufgrund ihres erhöhten Körperfettanteils eine geringere Herzwahrnehmung haben (Zusammenhang von Gewicht und Interozeption, siehe Kapitel 1.4.3). Insgesamt sollte beachtet werden, dass ebenso Studien existieren, die den Zusammenhang zwischen Geschlecht und kardiovaskulärer Akkuranz nicht bestätigen konnten (Khalsa, Rudrauf & Tranel, 2009; Mussgay, Klinkenberg & Rüddel, 1999; Pollatos & Schandry, 2004), wobei jedoch festgehalten werden sollte, dass es hierbei auch methodische Unterschiede gab (z. B. unausgeglichener Anteil des Geschlechterverhältnisses). Hinsichtlich der interozeptiven Sensibilität konnte mittels des MAIA gezeigt werden, dass Frauen eher berichten, körperliche Empfindungen zu bemerken und ein erhöhtes emotionales Bewusstsein im Vergleich zu Männern aufweisen. Männer hingegen scheinen ihren Körper eher als sicheren Ort zu sehen und sich weniger Gedanken über körperliche Wahrnehmungen zu machen als Frauen (Grabauskaitė et al., 2017).

Ein weiteren Einflussfaktor auf interozeptive Prozesse stellt das Alter dar. So konnte mit zunehmendem Alter eine geringere Interozeption – sowohl in der interozeptiven Akkuranz (Herwahrnehmungstest sowie Herzdiskriminationsaufgabe) als auch in der Sensibilität – belegt werden (Khalsa et al., 2009; Murphy, Geary, Millgate, Catmur & Bird, 2018). In der Studie von Murphy, Geary et al. (2018) konnte zudem herausgestellt werden, dass der BMI den Zusammenhang zwischen Alter und interozeptiver Akkuranz mediiert.

Wie bereits zuvor erwähnt wurde, sind kardiodynamische Faktoren bei Messungen der kardiovaskulären Akkuranz wie die Herzrate und die Herzratenvariabilität wichtig, sodass hier die Messung in mehr als einem Organsystem eine aufschlussreiche Ergänzung darstellen könnte. Speziell in klinischen Stichproben werden in einigen Arbeiten ebenso Depressivitäts- und Angstlevel sowie Alexithymie als Kovariaten bei der Messung verschiedener interozeptiver Prozesse berücksichtigt (u. a. Limmer, Kornhuber & Martin, 2015; Pollatos & Georgiou, 2016; Shah, Catmur & Bird, 2016; Shah, Hall et al., 2016; Yoris et al., 2015). Im Folgekapitel werden zudem ausgewählte Störungsbilder beschrieben, welche Auffälligkeiten in interozeptiven Prozessen aufweisen.

Basierend auf der aktuellen Debatte hinsichtlich der Reliabilität und Validität des Herzwahrnehmungstests (Ring & Brener, 2018; Zamariola, Maurage, Luminet & Corneille, 2018) schlagen verschiedene Arbeiten vor, dass Zeitschätzungen hinsichtlich der Intervalle und das Wissen über die eigene Herzrate als Kovariaten inkludiert werden sollten (z. B. Ardizzi & Ferri, 2018; Ferentzi et al., 2019; Murphy et al., 2017). Anzumerken ist, dass dieser Ansatz teils etwas fragwürdig erscheint und im Rahmen der Diskussion noch einmal spezifischer aufgegriffen wird. Insgesamt sollte beachtet werden, dass es bisher kein standardisiertes Vorgehen für den Einschluss der benannten Einflussfaktoren gibt. Zusammenfassend sollten folgende Variablen als Einflussvariablen berücksichtigt werden: Gewicht/BMI, Aktivitäts-/Fitnesslevel, Alter, Geschlecht, unter Umständen kann es zudem sinnvoll sein, kardiovaskuläre Komponenten (und auch Medikamente, die hiermit interagieren könnten) sowie psychische und somatische Störungen zu berücksichtigen.

1.4.4 Interozeptive Prozesse und der Zusammenhang mit verschiedenen psychischen Störungsbildern

Neben dem Zusammenhang von Interozeption und Emotionen sowie weiteren gesundheitsrelevanten Variablen konnten auch veränderte interozeptive Prozesse in verschiedenen psychischen Störungsbildern nachgewiesen werden. Dabei ist bisher unklar, ob interozeptive Prozesse der Auslöser für psychische Störungen sind oder diese sich erst nach dem Auftreten einer psychischen Störung verändern. Wie bereits bei der Vorstellung des Predictive Coding-Modells erwähnt, ist die Verarbeitung verschiedener interozeptiver Signale entscheidend, da das System hierbei versucht, einen homöostatischen Zustand herzustellen und damit entsprechend auf Bedürfnisse und Anforderungen reagiert und diese ebenso reguliert (Quadt, Critchley & Garfinkel,

2018). Wenn das System nicht auf entsprechende Abweichungen mittels verschiedener Adaptionsprozesse zum Ausgleich des Prediction Errors reagiert, kann es zu einem Ungleichgewicht und damit zur Entwicklung verschiedener Störungen kommen. Letztlich konnte bereits gezeigt werden, dass Interozeption wichtig für das körperliche und das mentale Wohlbefinden ist (Farb et al., 2015).

In den Kapiteln zuvor wurde bereits aufgegriffen, dass wichtige Strukturen des interozeptiven neuronalen Netzwerkes wie etwa die Insula, der anteriore cinguläre oder der somatosensorische Cortex, mit neuronalen Strukturen, welche wichtig bei der Emotionsverarbeitung sind, überlappen. Darüber hinaus wurde die Bedeutung interozeptiver Prozesse bei der Emotionswahrnehmung und -verarbeitung anhand verschiedener Theorien sowie Studien belegt. Übertragen auf den Kontext psychischer Störungen sollte berücksichtigt werden, dass emotionale Beeinträchtigungen auch verantwortlich für die Entwicklung und Aufrechterhaltung von psychischen Störungen sein können (Limanowski & Blankenburg, 2013). Demzufolge ist die Assoziation zwischen verminderten interozeptiven Prozessen und einer erhöhten Vulnerabilität für psychische Störungen plausibel und soll im nachfolgenden Teil näher erläutert werden. Hierbei werden vor allem Erklärungsmuster für die in der Dissertation relevanten Störungen (Essstörungen, Zwangsstörungen) vorgestellt. Anzumerken bleibt, dass Depression und Angststörungen zwar nicht expliziter Teil dieser Arbeit sind, jedoch überwiegend als Komorbiditäten im Zusammenhang mit Ess- und Zwangsstörungen auftreten, sodass auch hier eine spezifischere Vorstellung erfolgt.

Essstörungen

Charakteristisch für Essstörungen ist ein gestörtes Essverhalten (z. B. Restriktion der Essensaufnahme bei Patienten mit Anorexia nervosa oder die übermäßige Nahrungsaufnahme mit anschließenden Maßnahmen zur Gewichtsregulation beispielsweise durch Erbrechen sowie dem Missbrauch von Abführ- und Brechmitteln bei Patienten mit Bulimia nervosa; American Psychiatric Association, 2013; Dilling, Mombour & Schmidt, 2015). Weiterhin haben die Betroffenen oftmals ein gestörtes Körperbild (Polivy & Herman, 2002), welches ebenso mit Interozeption assoziiert ist (Emanuelsen et al., 2015; Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016). Darüber hinaus postuliert Bruch (1962), dass Patienten mit Anorexia nervosa verminderte interozeptive Prozesse aufweisen, da sie Signale im Zusammenhang mit Hunger und Sättigung ignorieren beziehungsweise unterdrücken.

Inwieweit die interozeptive Akkuranz bei Patienten mit Essstörungen vermindert ist, wurde bisher nicht eindeutig empirisch untermauert. So belegen verschiedene Studien, dass Patienten mit Anorexia nervosa eine verminderte Wahrnehmung kardiovaskulärer Signale aufweisen (Fischer et al., 2016; Pollatos et al., 2008; Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016), während die Studie von Lutz et al. (2019) eine erhöhte Akkuranz in dieser Patientengruppe fand. Ebenso gibt es auch Studien, welche keinen Effekt nachweisen konnten (Ambrosecchia et al., 2017; Eshkevari, Rieger, Musiat & Treasure, 2014; Richard et al., 2019). Mögliche Erklärungsfaktoren für die vorliegende Heterogenität lassen sich auf verschiedene methodische Ansätze (Herzwahrnehmungstest vs. Herzdiskriminationsaufgabe), Therapieformen (Selbsthilfegruppe vs. psychosomatische Klinik), Erkrankungsdauer, unterschiedliche Formen der Anorexia nervosa sowie Komorbiditäten und auch den Zeitpunkt der Erhebung zurückführen. Für das Krankheitsbild Bulimia nervosa konnten Pollatos und Georgiou (2016) keine Effekte bei der interozeptiven Akkuranz unter Einbezug verschiedener Kovariaten (BMI, Depression, Angst) aufzeigen. Bezugnehmend auf die interozeptive Sensibilität ist das Bild einheitlicher. Demnach zeigen einige Arbeiten eine verminderte interozeptive Sensibilität bei den verschiedenen Essstörungen (Anorexia nervosa, Bulimia nervosa und Binge Eating; z. B. Fassino et al., 2004; Matsumoto et al., 2006; Pollatos et al., 2008). Im Rahmen einer Metaanalyse fassten Jenkinson, Taylor und Laws (2018) diese Ergebnisse noch einmal zusammen. Nur in einer aktuellen Studie von Lutz et al. (2019) konnte kein Gruppenunterschied hinsichtlich der Sicherheit bezogen auf die Herzwahrnehmungsaufgabe (= interozeptive Sensibilität) gezeigt werden.

Zwangsstörungen

Zwangsstörungen sind durch aufkommende wiederholte und gleichzeitig unerwünschte Gedanken gekennzeichnet, sowie den Drang, bestimmte Verhaltensweisen auszuüben (Dilling et al., 2015; Taylor, 2011). Die einzige Studie in diesem Kontext, welche spezifisch auf die Untersuchung von interozeptiver Akkuranz abzielt, stammt von Yoris et al. (2017) und belegt eine erhöhte kardiovaskuläre Akkuranz von Patienten mit Zwangsstörungen. Die Autoren attribuieren diese erhöhte Genauigkeit bei der Wahrnehmung körperinterner Signale auf die sensitive Überwachung aufkommender Gedanken und damit verbundenen Körperempfindungen als Signale für deren Aufkommen. Theoretische Überlegungen könnten hierzu auch genuin andere Ergebnisse plausibel machen, insbesondere da etwa Bildgebungsstudien eine geringere Aktivierung in interozeptiven Strukturen wie der Insula zeigen oder auch die deutliche Verunsicherung hinsichtlich des eigenen Körpers bei Zwangspatienten ebenso für eine Auffälligkeit in Richtung schlechterer Körperwahrnehmung sprechen (Song et al., 2011).

Depressionen

Depressive Störungen sind assoziiert mit affektiven und kognitiven Beeinträchtigungen (z. B. Interessenverlust, Schuldgefühlen, Konzentrationsproblemen) und somatischem Disstress (Dilling et al., 2015). Gleichzeitig sind auch ein abnehmender oder gesteigerter Appetit, Ermüdung und Antriebslosigkeit charakteristisch. Teile der benannten Symptome gehen ebenso mit einer verminderten Interozeption einher (u. a. Emotionen, Wahrnehmung von Hunger und Sättigung, Stress), sodass theoretische Überlegungen für eine geringere Interozeption bei Depressiven sprechen (Khalsa et al., 2018).

Ein systematisches Review von Eggart, Lange, Binser, Queri und Müller-Oerlinghausen (2019) bestätigt, dass Depressive eine verminderte interozeptive Akkuranz aufweisen. Die aktuelle Studienlage ist ebenso konform mit diesem Review und bezieht sich hierbei sowohl auf klinische als auch auf nicht-klinische Stichproben (u. a. Dunn et al., 2007; Furman, Waugh, Bhattacharjee, Thompson & Gotlib, 2013; Pollatos, Traut-Mattausch & Schandry, 2009; Terhaar, Viola, Bär & Debener, 2012). Dunn et al. (2007) wiesen nach, dass die Ergebnisse abhängig von der Ausprägung der Symptomatik sind. Demnach fand die Arbeitsgruppe eine verminderte kardiovaskuläre Akkuranz bei Patienten mit einer mittleren Symptomatik, aber nicht mit einem schweren Depressivitätslevel. Ebenso konnten verschiedene Studien eine reduzierte positive Affektivität, verminderte Strategien zur Emotionsregulation sowie Veränderungen des viszeralen Feedbacks zeigen (Critchley et al., 2004; Furman et al., 2013; Joormann & Gotlib, 2010; Silk, Steinberg & Morris, 2003; Wiebking et al., 2010), welche ebenso Mechanismen für eine verminderte Interozeption darstellen können.

Bisher gibt es nur wenige Studien, welche die subjektive Komponente der Interozeption im Kontext von Depressionen untersuchen (Ewing et al., 2017; Wiebking et al., 2010). Die Studie von Wiebking et al. (2010) fand eine verminderte interozeptive Sensibilität bei depressiven Patienten, wobei die Ergebnisse sich auf den Gesamtscore des Fragebogens zur Körperwahrnehmung stützen. Es bleibt hierbei zu berücksichtigen, dass Garfinkel et al. (2015) angeben, dass zur Erfassung der subjektiven Komponente der Interozeption über den Fragebogen zur Körperwahrnehmung lediglich die Subskala „Bewusstsein“ genutzt werden sollte. In einer weiteren Studie von Ewing et al. (2017) erfolgte die Untersuchung der interozeptiven Sensibilität mittels eines Sicherheitsratings für die Herzwahrnehmungs- und Herzdiskriminationsaufgabe sowie der Subskala „Bewusstsein“ des Fragebogens zur Körperwahrnehmung. Hier zeigte sich

zwar ebenso, dass höhere Scores bei dem Fragebogen zur Körperwahrnehmung in einer depressiven Stichprobe erreicht wurden. Diese Ergebnisse konnten unter Einbezug der Schlafqualität jedoch nicht länger aufrechterhalten werden. Für die Sicherheitsratings konnte kein signifikanter Effekt bei Depressiven nachgewiesen werden.

Angststörungen

Unter Angststörungen werden nach der American Psychiatric Association (2013) Panikstörungen, Agoraphobien, soziale Phobien, generalisierte Angststörungen und spezifische Phobien inkludiert. Aufgrund des Fokus dieser Patientengruppe auf körperliche Anzeichen für eine Angst- oder Panikattacke (z. B. erhöhter Herzschlag, Blutdruck, Zittern, Schwitzen, Übelkeit), gehen theoretische Annahmen von erhöhten interozeptiven Prozessen bei Angst- und Panikpatienten aus. In der Überblicksarbeit von Domschke, Stevens, Pfleiderer und Gerlach (2010) konnte die Annahme bestätigt werden, wobei die Autoren anmerken, dass diese Patientengruppen über eine erhöhte Genauigkeit bei der Herzwahrnehmung verfügen. In verschiedenen Arbeiten konnte zudem nachgewiesen werden, dass Patienten mit Panikstörungen sowie generalisierten Angststörungen eine bessere Wahrnehmungsfähigkeit kardiovaskulärer Signale besitzen (= interozeptive Akkuranz; Ehlers & Breuer, 1992, 1996; Ehlers, Breuer, Dohn & Fiegenbaum, 1995; Limmer et al., 2015; Stevens et al., 2011; Zoellner & Craske, 1999). Im Vergleich mit einer depressiven Patientengruppe und gesunden Kontrollprobanden konnten die Ergebnisse ebenso repliziert werden (van der Does, van Dyck & Spinhoven, 1997). In einer Reanalyse wurden Belege gefunden, dass Patienten mit einer Panikstörung eine höhere Herzwahrnehmung besitzen im Vergleich zu den gesunden Kontrollen sowie zu Patienten mit Herzrasen, Patienten mit unregelmäßigen Panikattacken oder depressiven Patienten (van der Does, Antony, Ehlers & Barsky, 2000). Gleichzeitig gab es keinen Unterschied zwischen Patienten mit Panikstörungen und Patienten mit sozialen Phobien, generalisierten Angststörungen oder spezifischen Phobien. Im Gegensatz dazu gibt es auch Studien, die keinen Unterschied zwischen Patienten mit einer Panikstörung und gesunden Kontrollprobanden hinsichtlich der interozeptiven Akkuranz gefunden haben (Barsky, Cleary, Sarnie & Ruskin, 1994; Yoris et al., 2015), wobei anzumerken ist, dass es sich nicht um eine typische Erfassung der Akkuranz handelt sowie bei der Erhebung eine Vermischung von interozeptiven und exterozeptiven Signalen (z. B. zum eigenen Herzschlag synchrones Fingertippen) erfolgt. Hinsichtlich der interozeptiven Sensibilität konnten keine Unterschiede bei der Erfassung über die Bewusstseinsskala des Fragebogens zur Körperwahrnehmung gefunden werden (Limmer et al., 2015).

Zusammenfassend lässt sich anhand des Kapitels ableiten, dass die dargestellten psychischen Pathologien überwiegend verminderte interozeptive Prozesse aufweisen, sodass Trainings sowie Therapieansätze für die Förderung dieser eingesetzt werden sollten. Darüber hinaus sollten tiefere Einblicke erzielt werden, inwieweit Interozeption veränderbar ist und ob diese möglicherweise als Rückfallfaktor entscheidend ist. Die bisherige empirische Evidenz für die Veränderung interozeptiver Prozesse soll im nachfolgenden Kapitel spezifiziert werden.

1.5 Darstellung empirischer Evidenz für die Veränderung interozeptiver Prozesse

Rückblickend auf das Predictive Coding-Modell lässt sich festhalten, dass Individuen kontinuierlich versuchen, den Prediction Error zu minimieren und damit ein möglichst optimales Gleichgewicht herzustellen. Wie bereits beschrieben, halten Ainley et al. (2016) fest, dass eine höhere Detektion von Körpersignalen von Vorteil ist, weil so genauere interozeptive Informationen bereitgestellt werden und möglichst schnell auf Signale des Körpers reagiert werden kann. Demnach gilt es an diesen theoretischen Überlegungen anzusetzen und Möglichkeiten zur Förderung interozeptiver Prozesse zu elaborieren.

Einen Überblick hinsichtlich der aktuellen empirischen Evidenz[1] zur Veränderung interozeptiver Prozesse ist in Tabelle 1 dargestellt. Dabei erfolgt eine Unterteilung hinsichtlich der Stichprobe, der entsprechend verwendeten Manipulation und Intervention, der Dauer sowie des Fokus und der Erfassung (interozeptive Akkuranz und/oder Sensibilität). Die letzte Spalte dient dazu, die Hauptergebnisse der Studien hinsichtlich des interozeptiven Schwerpunktes zu präsentieren. Anzumerken bleibt, dass im Rahmen dieses Kapitels nur selbst- und körperfokussierte Verfahren betrachtet werden und weitere kurzfristige Veränderungen wie beispielsweise durch Nahrungsdeprivation (z. B. Herbert, Herbert et al., 2012) oder physische Anstrengung (z. B. Jones & Hollandsworth, 1981) keinerlei Beachtung finden.

Im ersten Teil dieses Kapitels erfolgt die Beleuchtung verschiedener Studien, die im Zusammenhang mit selbstfokussierten Maßnahmen stehen. Bisherige Arbeiten in dem Kontext zielen

[1] Ausschluss der eigenen Studie: Fischer, D., Messner, M. & Pollatos, O. (2017). Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 452. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00452

vor allem auf Kurzzeiteffekte ab, bei denen die Betrachtung der interozeptiven Akkuranzleistung vor und nach der Manipulation stattfindet. Entsprechende Maßnahmen umfassen die Fokussierung auf das eigene Spiegelbild oder ein Bild der eigenen Person (Ainley, Tajadura-Jiménez, Fotopoulou & Tsakiris, 2012; Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016) sowie Aspekte der eigenen Biographie (Ainley, Maister, Brokfeld, Farmer & Tsakiris, 2013). Hierbei ist hervorzuheben, dass die Arbeiten aus der Tsakiris-Arbeitsgruppe (2012, 2013) eine Erhöhung der interozeptiven Akkuranz bei der Ausrichtung des Fokus auf die eigene Person belegen, insbesondere bei Probanden mit geringer Akkuranz. Interessanterweise ist dieses Ergebnis genau umgekehrt bei Patienten mit Anorexia nervosa (Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016), was für einen negativen Effekt der Konfrontation mit sich und eine generelle Vermeidung des Fokus auf den eigenen Körper sowie die eigene Person in dieser Patientengruppe spricht.

Der zweite Teil dieses Kapitels thematisiert körperfokussierte Verfahren. Hierbei eingeschlossen sind Verfahren mit dem Fokus auf Achtsamkeit, Meditation, Biofeedback, Herzwahrnehmungstraining, Floating sowie Power-Posen. Tabelle 1 zeigt, dass auch hier bereits ein einmaliges Biofeedbacktraining bei gesunden Studienteilnehmern (Meyerholz et al., 2019) oder Herzwahrnehmungstraining bei Patienten mit somatoformen oder Schmerzstörungen (Schaefer, Egloff & Witthöft, 2012) wirksam sein kann. Bezüglich der Effektivität von längeren Interventionen ist deren Wirksamkeit bezogen auf interozeptive Prozesse im Moment umstritten. So belegen Bornemann und Singer (2017), dass ein 9-monatiges mentales Achtsamkeitstraining zur Verbesserung der kardiovaskulären Akkuranz führt, während eine achtsamkeitsbasierte App keinen Trainingseffekt hinsichtlich eines Atemdiskriminationsverfahrens zeigt (Walsh, Saab & Farb, 2019). Hierbei bleibt jedoch, wie von Critchley und Garfinkel (2017) präsentiert, festzuhalten, dass eine Veränderung der kardiovaskulären Interozeption nicht ebenso zur Veränderung der respiratorischen Interozeption führen muss, sodass die Generalisierbarkeit der Ergebnisse fraglich ist. In der Studie von Parkin et al. (2014) konnte nach der Ausführung einer achtwöchigen standardisierten Achtsamkeitsintervention keine Veränderung der kardiovaskulären Akkuranz nachgewiesen werden. Auch ein einwöchiges Training mittels Body Scan hatte keine Effekte auf die Genauigkeit bei der Wahrnehmung kardiovaskulärer Signale (Parkin et al., 2014). In einer weiteren Studie von Weineck et al. (2019) zeigte sich, dass das Training von Power-Posen nach einer einwöchigen Trainingseinheit zu einer signifikanten Verbesserung der Herzwahrnehmung führte, und die beobachtete Abnahme der interozeptiven Sensibilität (Subskala „Bewusstsein“ von dem Fragebogen zur Körperwahrnehmung) auf eine geringere Fokussierung auf negative körperliche Empfindungen hindeutet.

Hinsichtlich der interozeptiven Sensibilität zeigt sich allgemein eine höhere Konsistenz der Ergebnisse mit einer Verbesserung dieser durch verschiedene Achtsamkeitstrainings unterschiedlicher Dauer (Spanne: drei Wochen bis neun Monate) in gesunden und klinischen Stichproben (Bornemann, Herbert, Mehling & Singer, 2014; de Jong et al., 2016; Fissler et al., 2016; Kok & Singer, 2017; Parkin et al., 2014; Price et al., 2018). Auch eine einzige Floating Einheit (= Entspannungsverfahren, bei dem Probanden durch konzentriertes Salzwasser an der Wasseroberfläche in Rückenlage eines flachen Wasserbecken treiben) zeigt ihre positive Wirksamkeit auf Selbstberichte zur Interozeption (= interozeptive Sensibilität; Feinstein et al., 2018).

Zusammenfassend lässt sich demnach festhalten, dass sowohl selbst- als auch körperfokussierte Verfahren in gesunden und klinischen Stichproben überwiegend eine positive Wirkung zeigen, wobei selbstfokussierte Verfahren vor allem bei Probanden mit geringer interozeptiver Akkuranz wirken und hierbei auch nur Kurzzeiteffekte gezeigt werden konnten. Keine Effekte konnten bei dem Einsatz einer achtsamkeitsbasierten App (Walsh et al., 2019) sowie in der Studie von Parkin et al. (2014) mit einem Body Scan oder einem standardisierten Achtsamkeitstraining gefunden werden. Bisher untersuchten nur zwei Studien die verschiedenen interozeptiven Prozesse (interozeptive Akkuranz und Sensibilität) in einem gemeinsamen methodischen Setup (Parkin et al., 2014; Weineck et al., 2019).

Tabelle 1. *Überblick empirischer Evidenz zu verschiedenen Ansätzen mit dem Ziel der Verbesserung interozeptiver Prozesse*

Autoren	**Stichprobe (gesund vs. klinisch)**	**Manipulation/Intervention**	**Interventionsdauer/-fokus**	**IAc/IS**	**Hauptergebnisse**
Ainley et al., 2012	Gesunde Probanden	Betrachtung der eigenen Person im Spiegel vs. schwarzer Bildschirm (Baseline)	Kurzzeiteffekt/Selbstfokus	IAc (Herzwahrnehmungstest)	↑ IAc bei Betrachtung der eigenen Person im Spiegel verglichen mit der Bedingung des schwarzen Bildschirmes; Nachweis nur für Personen mit geringer IAc bei der Baselinemessung
Ainley et al., 2013	Gesunde Probanden	Betrachtung der eigenen Person im Spiegel vs. selbstrelevante Wörter vs. schwarzer Bildschirm (Baseline)	Kurzzeiteffekt/Selbstfokus	IAc (Herzwahrnehmungstest)	↑ IAc in beiden Bedingungen mit erhöhtem Selbstfokus im Vergleich zur Baselinemessung
Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016	Patienten mit Anorexia nervosa vs. gesunde Kontrollen	Betrachtung eigenes vs. fremdes Bild	Kurzzeiteffekt/Selbstfokus	IAc (Herzwahrnehmungstest)	Patienten: ↑ IAc während Betrachtung des Bildes mit einer abgebildeten anderen Person; Gesunde: ↑ IAc während Betrachtung des eigenen Bildes
Meyerholz et al., 2019	Gesunde Probanden	Biofeedbacktraining mit Fokus auf das kardiovaskuläre System	Kurzzeiteffekt/körperfokussiert	IAc (Herzwahrnehmungstest)	↑ IAc durch kardiovaskuläres Biofeedbacktraining im Vergleich zu Biofeedbacktraining mit unkontinuierlichem/falschen Biofeedback, Body Scan und Kontrollgruppe
Schaefer et al., 2012	Patienten mit somatoformer oder Schmerzstörung	Herzwahrnehmungstraining (Zeitpunkt 1: Herzwahrnehmungstest; Zeitpunkt 2: Herzwahrnehmungstraining + -test nach ca. 14 Tagen)	Kurzzeiteffekt/körperfokussiert	IAc (Herzwahrnehmungstest)	↑ IAc bei der Interventions- und Wartekontrollgruppe, wobei eine größere deskriptive Verbesserung in der Interventionsgruppe zu verzeichnen ist
Bornemann & Singer, 2017	Gesunde Probanden	Mentales Achtsamkeitstraining mit Fokus auf interozeptiver Aufmerksamkeit und Wahrnehmung, emotionales Erleben und Sozialverhalten (ReSource Project)	Langzeit (9 Monate)/körperfokussiert	IAc (Herzwahrnehmungstest)	↑ IAc durch Training in Interventionsgruppe im Vergleich mit Kontrollgruppe

Autoren	**Stichprobe (gesund vs. klinisch)**	**Manipulation/Intervention**	**Interventionsdauer/-fokus**	**IAc/IS**	**Hauptergebnisse**
Walsh et al., 2019	Gesunde Probanden	Achtsamkeitsbasierte App ("Wildflowers"); beispielhafte Bestandteile: Atemmeditation, Body Scan)	Langzeit (3 Wochen)	IAc (Atemdiskriminationsverfahren)	Kein Trainingseffekt durch App auf IAc (Kontrollbedingung: kognitives Training)
Kok & Singer, 2017	Gesunde Probanden	Siehe Studie Bornemann & Singer, 2017	Langzeit (9 Monate)/körperfokussiert	IS (Erfassung von Echtzeitdaten zu Interozeption)	↑ IS, besonders in Body Scan Bedingung
Bornemann et al., 2014	Gesunde Probanden	Siehe Studie Bornemann & Singer, 2017	Langzeit (3 Monate)/körperfokussiert	IS (MAIA)	↑ IS in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (betrifft folgende Subskalen: Aufmerksamkeits-Regulation, Emotionales Gewahrsein, Selbst-Regulation, Auf-den-Körper-Hören, Vertrauen)
Fissler et al., 2016	Patienten mit einer Depression	Achtsamkeitstraining	Langzeit (3 Wochen)/körperfokussiert	IS (MAIA)	↑ IS in der Interventionsgruppe im Vergleich zur aktiven Kontrollgruppe (betrifft folgende Subskalen: Aufmerksamkeits-Regulation, Selbst-Regulation, Auf-den-Körper-Hören und Vertrauen)
de Jong et al., 2016	Patienten mit chronischen Schmerzen und einer komorbiden Depression	TAU + MBCT	Langzeit (8 Wochen)/körperfokussiert	IS (MAIA)	↑ IS in der Interventionsgruppe im Vergleich zur TAU Gruppe (betrifft folgende Subskalen: Emotionales Gewahrsein und Nicht-Ablenken)
Price et al., 2018	Schädlicher Gebrauch von Substanzen	Achtsamkeits- und körperfokussierte Therapie (MABT + TAU)	Langzeit (3 Monate)/körperfokussiert	IS (MAIA)	↑ IS in der Interventionsgruppe (MABT + TAU) im Vergleich zu Kontrollgruppen (TAU vs. TAU und Gesundheitsedukation; betrifft alle Subskalen außer Nicht-Ablenken)

Autoren	Stichprobe (gesund vs. klinisch)	Manipulation/Intervention	Interventionsdauer/-fokus	IAc/IS	Hauptergebnisse
Feinstein et al., 2018	Patienten mit einer Angststörung und/oder der Posttraumatischen Belastungsstörung	Floating	Kurzzeit (eine Einheit)/körperfokussiert	IS (einzelne Items und MAIA Subskalen: Aufmerksamkeits- sowie Selbst-Regulation)	↑ IS (kardiovaskuläre Veränderungen) in der Floatingbedingung im Vergleich mit dem Anschauen eines Films; keine Bestätigung für IS hinsichtlich des gastrointestinalen Bereichs ↑ IS (MAIA: betrifft Aufmerksamkeits- sowie Selbst-Regulation) in der Floating-Bedingung im Vergleich zu dem Anschauen eines Films
Weineck et al., 2019	Gesunde Probanden	Power-Posen	Kurzzeit/körperfokussiert	IAc (Herzwahnehmungstest), IS (Subskala „Bewusstsein“)	↑ IAc und ↓ IS nach Üben der Power-Posen
Parkin et al., 2014	Gesunde Probanden	Studie 1 & 2: Body Scan (15 Minuten) über eine Woche Studie 3: MBSR oder MBCT (8 Wochen)	Kurz- vs. Langzeit (1 Woche/8 Wochen)/körperfokussiert	IAc (Herzwahrnehmungstest), IS (Sicherheitsrating)	Keine Effekte auf die IAc – weder bei kurz- noch langfristiger Achtsamkeitsintervention ↑ IS (Sicherheitsrating) bei langfristiger Achtsamkeitsintervention (MBSR oder MBCT)

Anmerkungen. IAc = interozeptive Akkuranz; IS = interozeptive Sensibilität; MABT = Achtsamkeitsschulung durch eine körperbasierte Therapie; MAIA = Multidimensional Assessment of Interoceptive Awareness; MBCT = achtsamkeitsbasierte kognitiv-behaviorale Therapie; MBSR = achtsamkeitsbasierte Stressreduktion; TAU = Behandlung wie üblich.

1.6 Ziele der Dissertation

Anhand der theoretischen Herleitung dieser Dissertation lässt sich allgemein festhalten, dass es einen positiven Zusammenhang von interozeptiven Prozessen und Gesundheit gibt und entsprechende Gesundheitsförderungsmaßnahmen eingesetzt werden müssen, um diese Prozesse zu fördern. Im Detail zeigen sich Zusammenhänge von Interozeption und gesundheitsrelevanten Variablen/Einflüssen und diversen psychischen Störungen. Somit lässt sich ableiten, dass die Förderung interozeptiver Prozesse in den Fokus der Gesundheitsförderung rücken sollte. Die Ergebnisse in diesem Kontext sind durchaus positiv und es gilt, Erweiterungen hinsichtlich verschiedener Maßnahmen zu schaffen und auch den Einfluss einer kognitiv-behavioralen Therapie auf interozeptive Prozesse spezifischer zu untersuchen.

Das erste Thema der Dissertation ist die Untersuchung verschiedener Zusammenhänge von interozeptiven Prozessen und gesundheitsrelevanten Einflüssen. Hierbei soll der Fokus auf dem Zusammenhang zwischen interozeptiver Akkuranz und chronischem Stress liegen (**Studie I**). Zusätzlich soll hier auch die mediierende Rolle von Selbstregulation thematisiert werden. Wie bereits aufgezeigt, können Gewicht, Angst und Depression ebenso Einfluss auf die Interozeption nehmen, sodass diese in **Studie II** zusätzlich als Erfolgsfaktoren einer kognitiv-behavioralen Therapie berücksichtigt werden. In **Studie III** wurde zusätzlich der Einfluss von Depressionen, Angst sowie Komorbiditäten und Medikamenten als Kovariaten betrachtet.

Das zweite Thema der Arbeit soll interozeptive Prozesse in klinischen Störungsbildern beleuchten, wobei der bisherige Forschungskontext, welcher eine veränderte Interozeption in verschiedenen Störungsbildern belegt, erweitert werden soll. Hierbei stehen die Untersuchungen von Interozeption und Anorexia nervosa (**Studie II**) sowie Zwangsstörungen (**Studie III**) im Vordergrund.

Das dritte Thema der Arbeit ist die Elaboration von Ansätzen zur Veränderung interozeptiver Prozesse, welche Schwerpunkte der **Studien II bis IV** sind. Erste Ergebnisse in diesem Kontext wurden in Kapitel 1.5 beschrieben und sind als durchaus positiv zu werten. Bisherige Arbeiten berücksichtigen jedoch nicht den Einfluss einer kognitiv-behavioralen Therapie auf interozeptive Prozesse (**Studie II, III**). Darüber hinaus soll mit dem Einsatz des Body Scans in **Studie IV** ein standardisiertes Verfahren zur Steigerung interozeptiver Prozesse berücksichtigt werden, welches leicht erlernbar ist und auch ohne den Einsatz eines Trainers funktioniert. Gleichzeitig kann somit festgehalten werden, dass Ansätze im Therapiekontext bei klinischen Störungsbildern Teil der Dissertation sind, aber auch präventive Ansätze über den Einsatz des Body Scans berücksichtigt werden. Abbildung 3 demonstriert eine Zusammenfassung der Ziele der vorliegenden Dissertation.

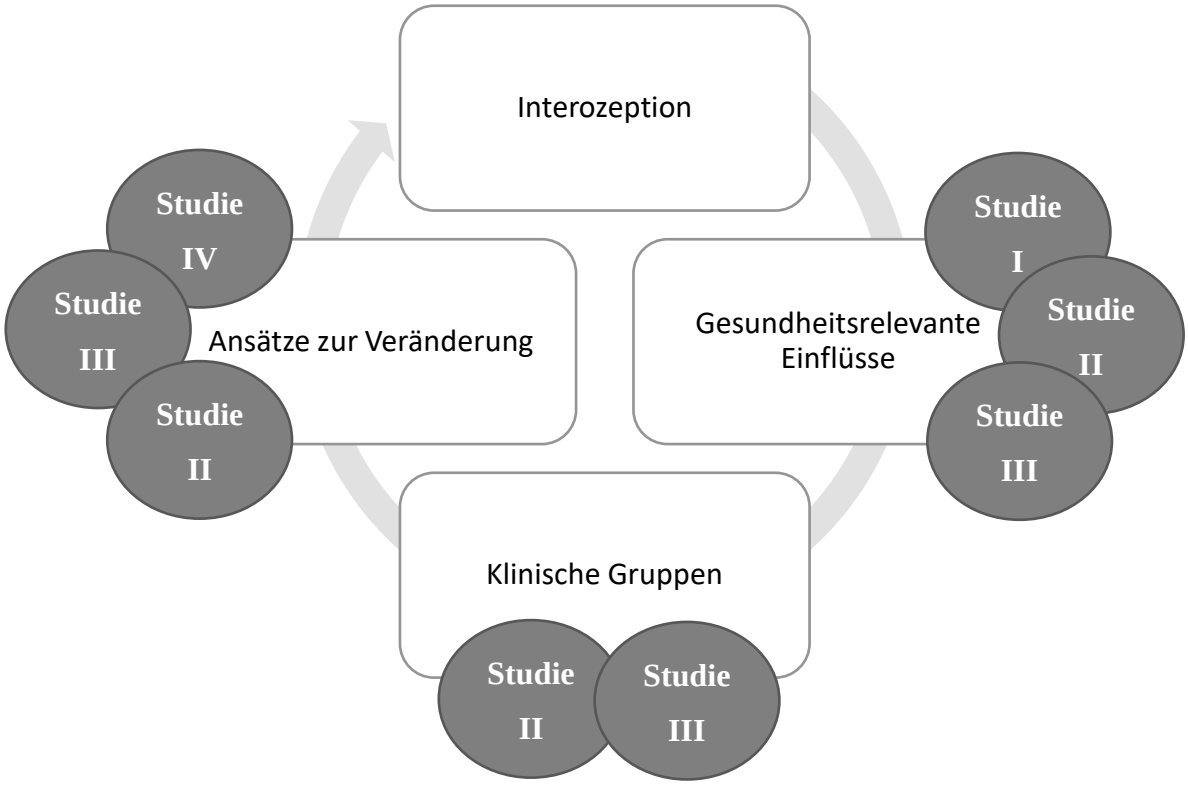

Abbildung 3. Überblick über die verschiedenen Studien der Dissertation

2 Zusammenfassung der Studien

Im Rahmen dieses Kapitels werden die vier verschiedenen Studien zusammengefasst. Dabei werden jeweils sowohl der theoretische Hintergrund, die Methodik, die Ergebnisse und die Schlussfolgerung aufgeführt. Tabelle 2 fasst die wichtigsten Punkte aller vier Studien zusammen und soll so einen Überblick schaffen. Für den weiteren Verlauf bleibt anzumerken, dass nur die Ergebnisse der Hauptfragestellungen im Zusammenhang mit Interozeption ausführlicher beschrieben werden.

Tabelle 2. *Zusammenfassung der durchgeführten Studien*

	Studie I	**Studie II**	**Studie III**	**Studie IV**
Titel	Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation	Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study	Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy	Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention
Autoren	Schultchen, Bayer, Kühnel, Melchers & Pollatos	Fischer, Berberich, Zaudig, Krauseneck, Weiß & Pollatos	Schultchen, Zaudig, Krauseneck, Berberich & Pollatos	Fischer, Messner & Pollatos
Journal	*Psychophysiology*	*Frontiers in Psychiatry*	*PLoS ONE*	*Frontiers in Human Neuroscience*
Stichprobe	Fragebogendaten und IAc: *n* = 98; physiologische Daten: *n* = 65	Patientinnen mit Anorexia nervosa (restriktiver Typ): *n* = 15; gesunde Kontrollprobandinnen: *n* = 15	Patienten mit einer Zwangsstörung: *n* = 26; gesunde Kontrollen: *n* = 26	**Studie 1:** Body Scan Gruppe: *n* = 25; aktive Kontrollgruppe: *n* = 25 **Studie 2:** Body Scan Gruppe: *n* = 18; inaktive Kontrollgruppe: *n* = 18
Erhebung IAc/IS	IAc: Polaruhr (RS800CX)	IAc: Polaruhr (RS800CX); IS: EDI-2 (Subskala)	IAc: Polaruhr (RS800CX)	IAc: EKG erfasst über BIOPAC-Verstärker; IS: Sicherheitsrating und EDI-2 (Subskala)
Weitere methodische Schwerpunkte	• Psychophysiologische Stressparameter: Cortisol und DHEA sowie das Cortisol/DHEA-Verhältnis • Subjektive Stressparameter: TICS-SSCS und SCI	• BMI, Depression • Kognitive-behaviorale Therapie über 12 Wochen (3 Messzeitpunkte: T1 Beginn der Therapie; T2 nach 4-6 Wochen; T3 12-14 Wochen	• Zwangssymptomatik, Depression, Angst • Design und Therapie (siehe Anorexie-Studie; Ausnahme T3 8-10 Wochen)	• Dauer: 8 Wochen (20 Minuten jeden Tag); • Interventionsgruppe: Body Scan Training; • Kontrollgruppe: **Studie 1** aktive Kontrollgruppe: Hörbuch; **Studie 2** inaktive Kontrollgruppe
Hauptergebnisse (Interozeption)	• ↑ IAc ist assoziiert mit ↓ chronischem Stress • ↑ IAc ist assoziiert mit ↑ Selbstregulation • Negativer Zusammenhang zwischen IAc und chronischem Stress wird mediiert über erhöhte Selbstregulation	• Anorexie-Patienten: ↓ interozeptive Prozesse (IAc und IS) im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden • Deskriptiver Trend hinsichtlich Verbesserung dieser Prozesse im Verlauf der Therapie	• Zwangspatienten: ↓ IAc im Vergleich zu den gesunden Kontrollprobanden • Keine Veränderung der IAc im Therapieverlauf	• ↑ IAc und IS (Sicherheitsrating; bei **Studie 1** nur deskriptiv) • IS (EDI-2) keine Effekte in beiden Studien nachgewiesen

Anmerkungen. BMI = Body Mass Index; DHEA = Dehydroepiandrosteron; EDI-2 = Eating Disorder Inventory-2; EKG = Elektrokardiogramm; IAc = interozeptive Akkuranz; IS = interozeptive Sensibilität; TICS-SSCS = Trierer-Inventar zum chronischen Stress (Screening); SCI = Stress- und Coping-Inventar.

2.1 Studie I: Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation

Schultchen, D., Bayer, J., Kühnel, J., Melchers, K. G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation. *Psychophysiology, 56*(10), e13429. https://doi.org/10.1111/psyp.13429

Theoretischer Hintergrund

Verschiedene nationale und internationale Studien und Umfragen belegen ein kontinuierlich ansteigendes Stresslevel in der Bevölkerung (u. a. Cohen & Janicki-Deverts, 2012; Hapke et al., 2013). Die Regulierung von Stressreaktionen, die Anpassung des Körpers an verschiedene stressbezogene Situationen und die Aufrechterhaltung der Homöstase sind vor allem auf die zwei Stressachsen zurückzuführen, welche die Ausschüttung von Adrenalin und Noradrenalin über das sympathische Nervensystem sowie die Freisetzung von Cortisol über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse bewirken (Dallman, 1993; de Kloet, Joëls & Holsboer, 2005; McEwen, 1998; Tsigos & Chrousos, 2002). Darüber hinaus lässt sich festhalten, dass eine langfristige Belastung sowie die Dysregulationen der beiden Stressachsen die Entwicklung verschiedener chronischer Erkrankungen sowie psychischer Störungen begünstigt (u. a. Krebs, Diabetes, Depression; z. B. Björntorp & Rosmond, 1999; Epel, Lapidus, McEwen & Brownell, 2001; McEwen, 1998; Sephton & Spiegel, 2003; Staufenbiel, Penninx, Spijker, Elzinga & van Rossum, 2013). Während etwa Speichelcortisol einen kurzfristigen Einblick in das Stresssystem erlaubt, haben sich in den letzten Jahren für die Untersuchung von Langzeiteffekten zunehmend weitere Methoden wie etwa die Analyse entsprechender Hormone im Haar als nützlich herausgestellt. Hierbei sei anzumerken, dass Haare durchschnittlich einen Zentimeter pro Monat wachsen (Wennig, 2000), sodass ein Zentimeter (kumuliert ab der Haarwurzel) einen gemittelten Konzentrationswert des psychophysiologischen Stresslevels des letzten Monats repräsentiert. Erfasst wurden im Rahmen dieser Studie Cortisol und Dehydroepiandrosteron (DHEA) sowie das Verhältnis beider. Cortisol und DHEA sind beides Steroidhormone, allerdings mit einer antagonistischen Wirkung (Jogems-Kosterman, Knijff, Kusters & van Hoof, 2007). Demzufolge repräsentiert eine hohe Cortisolkonzentration ein hohes Stresslevel, während es bei DHEA genau umgedreht ist und eine geringe DHEA-Konzentration für ein hohes Stresslevel steht. Aufgrund des antagonistischen Effektes von Cortisol und DHEA wird angenommen, dass das Verhältnis beider eine endokrine Disbalance (katabolisch/anabolisch) der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse repräsentiert (z. B. Goodyer,

Herbert & Tamplin, 2003; Kahl et al., 2006; Ritsner et al., 2005). Demnach stellt das Cortisol/DHEA-Verhältnis ebenso einen weiteren Indikator für die Repräsentation des Stresslevels dar. Wie beim Cortisol bedeuten hohe Werte des Cortisol/DHEA-Verhältnisses auch ein hohes Stresslevel. Letztlich weist ein unausgeglichenes Verhältnis beider Hormone auf eine unzureichende hormonelle Kapazität für die Bewältigung von Stress hin.

Auf Grundlage des erhöhtes Stressaufkommens sowie den damit verbundenen negativen Folgen gilt es, ein besseres Verständnis für Stress und entsprechende Einflussfaktoren zu erlangen. In dem Review von Schulz und Vögele (2015) konnte bereits gezeigt werden, dass Interozeption einen möglichen Einflussfaktor bei der Wahrnehmung und Regulierung von Stress darstellt. Die Autoren halten fest, dass sich bisherige Arbeiten vor allem auf den Einfluss und den Zusammenhang mit akuten Stressreaktionen und damit über die Aktivierung des Sympathikus beziehen. Dazu zählen Arbeiten, die vor allem auf akute Stressreaktionen (z. B. Halten einer Rede, Lösen von Rechenaufgaben, sportliche Verausgabung und Cold Pressure Test) und den Effekt sowie auf den Zusammenhang mit Interozeption ausgerichtet sind (Durlik et al., 2014; Eichler & Katkin, 1994; Herbert et al., 2010; Jones & Hollandsworth, 1981; Pollatos, Herbert, Kaufmann et al., 2007; Schandry & Specht, 1981; Schulz et al., 2013; Stevens et al., 2011). Insgesamt gilt es hervorzuheben, dass Studien, welche den Herzwahrnehmungstest einsetzten, eher einen aktivierenden Effekt durch Stress auf die interozeptive Akkuranz aufzeigten und ein positive Zusammenhang zwischen interozeptiver Akkuranz und Stress nachgewiesen werden konnte (u. a. Pollatos, Herbert, Kaufmann et al., 2007; Schandry & Specht, 1981; Schulz et al., 2013), während die Verwendung des Herzdiskriminationsverfahrens eher zu gegensätzlichen Ergebnissen führte (z. B. Fairclough & Goodwin, 2007). Eine aktuelle Arbeit von Maeda et al. (2019), welche etwa zeitgleich mit der vorliegenden Studie publiziert wurde, zeigte zusätzlich, dass eine erhöhte Cortisolproduktion (erfasst über Speichelcortisol) durch einen psychosozialen akuten Stressor (Trier Social Stress Test) mit einer erhöhten interozeptiven Akkuranz zusammenhängt.

Basierend auf den vorgestellten Studien lässt sich festhalten, dass bisher keine Studie zur expliziten Untersuchung des Zusammenhangs zwischen interozeptiver Akkuranz und chronischem Stress existiert. Zudem gibt es bisher nur eine Studie, die den direkten Zusammenhang einer Cortisolresponse und der kardiovaskulären Akkuranz untersuchte. Im Rahmen der vorliegenden Studie erfolgte eine kombinierte Erhebung mittels Fragebögen sowie psychophysiologischer Marker (Haarcortisol und DHEA). Weiterhin konnte in verschiedenen Studien ebenso

ein Zusammenhang zwischen interozeptiven Prozessen und Selbstregulation nachgewiesen werden (Herbert, Ulbrich et al., 2007; Weiss, Sack, Henningsen & Pollatos, 2014), welcher jedoch bisher nicht in die Untersuchung des Zusammenhangs von Stress und Interozeption einbezogen wurde. Somit wurden folgende Hypothesen abgeleitet:

1. Höhere interozeptive Akkuranz ist mit einem niedrigeren chronischen Stresslevel, erfasst mittels Fragebögen und psychophysiologischer Marker, assoziiert.[2]
2. Höhere interozeptive Akkuranz korreliert positiv mit Indikatoren für Selbstregulationsfähigkeit. Darüber hinaus hängt Selbstregulation negativ mit den verschiedenen Parametern zur Erfassung des chronischen Stresslevels zusammen.
3. Der negative Zusammenhang zwischen interozeptiver Akkuranz und dem chronischen Stresslevel wird über die Selbstregulation mediiert.

Methodik

Die Stichprobe bestand aus insgesamt 98 Versuchspersonen (48 Männer; M_{Alter} = 23.63, Jahre *SD* = 4.44), wobei Haarproben für die Erfassung von Cortisol und DHEA nur bei 65 Versuchspersonen (46 Männer; M_{Alter} = 24.37 Jahre, *SD* = 4.61) analysiert wurden. Das subjektive chronische Stresslevel wurde via Fragebögen erfasst. Hierzu zählten das Screening des Trierer Inventars zum chronischen Stress (Screening; TICS-SSCS; Schulz, Becker & Schlotz, 2004) und das Stress- und Coping-Inventar (SCI mit den vier Subskalen zur Stresswahrnehmung: Stress durch Unsicherheit, Stress durch Überforderung, Stress durch Verlust und tatsächlich eingetretene negative Ereignisse sowie körperliche und psychische Stresssymptome; Satow, 2012). Die Erfassung der psychophysiologischen Marker Cortisol und DHEA erfolgte durch die Entnahme von zwei Haarsträhnen am Hinterkopf nach standardisiertem Protokoll (Richtlinien siehe Kirschbaum, Tietze, Skoluda & Dettenborn, 2009; Stalder et al., 2012). Für die Analyse wurde ab der Haarwurzel eine Haarlänge von 2 cm berücksichtigt, sodass – entsprechend der durchschnittlichen Haarwachstumsgeschwindigkeit von einem Zentimeter pro Monat – der kumulierter Wert der Stresshormonkonzentration der letzten zwei Monate in die statistischen Analysen einging. Die Analyse der Haarproben erfolgte in Dresden (LabService GmbH von Prof. Dr. Clemens Kirschbaum) nach dem beschriebenen Laborprotokoll von Gao, Kirschbaum, Grass und Stalder (2016). Neben der Berücksichtigung der Cortisol- und DHEA-Werte wurde darüber hinaus ebenso das Verhältnis der beiden psychophysiologischen Parameter eingeschlossen,

[2] Anmerkung: Ein geringeres DHEA-Level definiert ein erhöhtes Stressempfinden, sodass bezogen auf das DHEA-Level von einer positiven Korrelation ausgegangen wird.

weil dieses besonders sensitiv auf die verschiedenen Wirkrichtungen von Cortisol und DHEA reagiert (siehe S. 40/41). Für die Erfassung der interozeptiven Akkuranz wurde der Herzwahrnehmungstest nach Schandry (1981) mit drei Intervallen (25, 35 und 45 Sekunden) verwendet, wobei die objektive Anzahl an Herzschläge über Polaruhren (RS800CX, Polar Electro OY, Kempele, Finnland) mobil erhoben wurde. Die Erhebung der Selbstregulation erfolgte via Hannover-Selbstregulations-Inventar (Jäger, Schmid-Ott, Ernst, Dölle-Lange & Sack, 2012).

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten, dass eine höhere Genauigkeit bei der Herzwahrnehmung mit einem geringerem chronischen Stresslevel erfasst via Fragebögen zusammenhängt (rs ≥ -.19, ps < .05; Ausnahme: kein Zusammenhang mit der SCI-Subskala „Stress durch Verlust und tatsächlich eingetretene negative Ereignisse“: r = -.09, p = .19). Bezogen auf die psychophysiologischen Marker wurde eine positive Korrelation zwischen interozeptiver Akkuranz und DHEA (r = .34, p < .01) nachgewiesen. Zudem wurde ein negativer Zusammenhang zwischen interozeptiver Akkuranz und dem Cortisol/DHEA-Verhältnis (r = -.21, p < .05) gefunden, während dieser nicht für den Zusammenhang von interozeptiver Akkuranz und Cortisol bestätigt werden konnte (r = .05, p = .36). Es sollte hierbei noch einmal beachtet werden, dass hohe Cortisol-Werte sowie ein hohes Cortisol/DHEA-Verhältnis ein hohes Stresslevel abbilden, während es bei den DHEA-Werten genau umgekehrt ist und ein niedriges DHEA-Level ein hohes Stresslevel repräsentiert. Anhand der Ergebnisse der Korrelationsanalysen lässt sich ableiten, dass eine hohe interozeptive Akkuranz als stressprotektiv zu werten ist. Weiterhin wurde, wie angenommen, auch der positive Zusammenhang zwischen interozeptiver Akkuranz und Selbstregulation bestätigt (r = .26, p < .01) sowie der negative Zusammenhang zwischen Selbstregulation und den verschiedenen chronischen Stressmarkern (rs ≥ -.21, ps < .05; Ausnahme: kein Zusammenhang mit dem DHEA-Level: r = .19, p = .07).

Bei der Mediationsanalyse erfolgten mehrere Kalkulationen (siehe Tabelle 3). Der erste Teil der Mediationsanalyse bezieht sich auf die Fragebogendaten hinsichtlich des chronischen Stresslevels, während sich der zweite Teil der Analyse auf die psychophysiologischen Marker fokussiert. Für die Mediationsanalyse unter Einbezug der Fragebogendaten konnte nachgewiesen werden, dass der Zusammenhang zwischen interozeptiver Akkuranz und dem chronischen Stresslevel über die Selbstregulation mediiert wird (siehe Tabelle 3; insbesondere die Konfidenzintervalle der indirekten Effekte, welche nicht Null enthalten). Mit Fokus auf die psychophy-

siologischen Marker konnte diese Mediation nicht bestätigt werden, da bezogen auf den indirekten Effekt bei der kalkulierten Mediationsanalyse keine Signifikanz erreicht wurde. Dies wird ebenso anhand des Konfidenzintervalls ersichtlich, welches eine Null enthält (siehe Tabelle 3). Nichtsdestotrotz deutetet sich hierbei ein deskriptiver Trend an.

Tabelle 3. *Ergebnisse der Mediationsanalyse zum Zusammenhang von interozeptiver Akkuranz und chronischen Stress via Selbstregulation*

Abhängige Variablen	Pfadgewichte (*b*s)			Direkter Effekt	Indirekter Effekt (90% KI)
	a	*b*	*c*	*c'*	*ab*
TICS-SCSS	.26**	-.61**	-.28**	-.13	-.16 [-.30; -.04]
Unsicherheit (SCI)	.26**	-.52**	-.18^{+}	-.05	-.13 [-.26; -.03]
Überforderung (SCI)	.26**	-.48**	-.18^{+}	-.06	-.12 [-.23; -.03]
Negative Ereignisse (SCI)	.26**	-.49**	-.09	.04	-.12 [-.25; -.03]
Stresssymptome (SCI)	.26**	-.70**	-.24**	-.06	-.18 [-.33; -04]
Cortisol/DHEA	.14	-.20	-.19^{+}	-.17	-.03 [-.13; .01]

Anmerkung. DHEA = Dehydroepiandrosteron; KI = Konfidenzintervall; SCI = Stress- und Coping-Inventar; TICS-SSCS = Trierer Inventar zum chronischen Stress (Screening).
$^{+}$ p < .10 *p < .05, ** p < .01

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass eine verminderte Wahrnehmung körperinterner Signale mit einem erhöhten chronischen Stresserleben einhergeht. Daraus lässt sich die Bedeutung von Interozeption im (mentalen) Gesundheitskontext ableiten, welche bereits von Khalsa et al. (2018) vorgeschlagen wurde. Gleichzeitig konnte eine erhöhte Selbstregulation als Mechanismus für diesen Zusammenhang ausgemacht werden. Diese Ergebnisse könnten durch den Einbezug verschiedener Interozeptionsmessungen hinsichtlich der Sensibilität und der metakognitiven sowie emotionalen Ebene erweitert werden.

2.2 Studie II: Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study

Fischer, D., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T., Weiss, S. & Pollatos, O. (2016). Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study. *Frontiers in Psychiatry, 7*, 199. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00199

Theoretischer Hintergrund

Anorexia nervosa (F50.0) stellt eine psychische Störung des Essverhaltens dar, welche im ICD-10 nach dem restriktiven (F50.00) und dem aktiven Typ (F50.01) unterteilt wird (Bulik, Reba, Siega-Riz & Reichborn-Kjennerud, 2005; Dilling et al., 2015). Während der restriktive Typ

durch Essensverweigerung und durch die Vermeidung hochkalorischer Speisen sowie der Ausübung eines exzessiven Sportprogrammes zur Verminderung des Gewichts gekennzeichnet ist, ist es für den aktiven oder auch Binge-purging-Typ charakteristisch, auf Abführmittel und entwässernde Medikamente zurückzugreifen oder sich zu erbrechen. Beiden Typen gemeinsam ist die erhöhte Angst vor einer Gewichtszunahme (Fairburn & Harrison, 2003). Weitere typische Merkmale sind die Ablehnung des eigenen Körpers, eine gestörte Wahrnehmung hinsichtlich des eigenen Körperbildes und eine erhöhte Vulnerabilität für weitere psychische Störungen (u. a. Depressionen und Angst; American Psychiatric Association, 2013; Bulik et al., 2005; Dilling et al., 2015).

Basierend darauf setzt sich die Forschung damit auseinander, inwieweit auch interozeptive Prozesse bei Patienten mit Anorexia nervosa defizitär sind. Bruch (1962) postuliert hierbei die Annahme, dass für dieses Störungsbild das Ignorieren entsprechender körperinterner Signale charakteristisch ist, die im Zusammenhang mit Hunger und Sättigung stehen. Wie bereits zuvor beschrieben (siehe Kapitel 1.4.4), konnten verschiedene Forschungsarbeiten nur inkonsistente Ergebnisse hinsichtlich der interozeptiven Akkuranz finden (Ambrosecchia et al., 2017; Eshkevari et al., 2014; Lutz et al., 2019; Pollatos et al., 2008; Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016; Richard et al., 2019), wobei sehr häufig die kardiovaskuläre Interozeption untersucht wurde. Demgegenüber sind die Befunde zur interozeptiven Sensibilität und Anorexia nervosa eindeutiger und zeigen überwiegend eine verminderte Ausprägung in dieser Patientengruppe (Fassino et al., 2004; Matsumoto et al., 2006; Pollatos et al., 2008; für einen Überblick siehe Jenkinson et al., 2018). Nur in einer aktuellen Studie von Lutz et al. (2019) konnte bei der interozeptiven Sensibilität (allerdings sehr speziell gemessen via Sicherheitsrating in der Akkuranz von interozeptiven Signalen) kein Gruppenunterschied aufgezeigt werden.

Unabhängig von den Ergebnissen und möglichen methodischen Attributionen (z. B. Erfassungsform der interozeptiven Akkuranz, Therapieformen, Formen und Komorbiditäten im Zusammenhang mit Anorexia nervosa) haben sich die benannten Studien ausschließlich auf einen Erhebungszeitpunkt bezogen, während die vorliegende Studie die Veränderung interozeptiver Prozesse (interozeptiver Akkuranz und Sensibilität) im Verlauf einer kognitiv-behavioralen Therapie untersuchte. Darüber hinaus wurden die Veränderung des Gewichts sowie die der depressiven Symptomatik als mögliche Erfolgsfaktoren für die Therapie berücksichtigt.

Methodik

Insgesamt wurden 15 Patientinnen mit der Diagnose Anorexia nervosa (M_{Alter} = 27.4 Jahre; *SD* = 7.8) und einem durchschnittlichen BMI von 15.7 (*SD* = 1.3) über die Psychosomatische Klinik in Windach (Fokus: kognitiv-behaviorale Therapie) erhoben. Es wurden hierbei nur Patientinnen mit dem restriktiven Typ der Anorexia nervosa (F50.00) in die Studie eingeschlossen. Hinsichtlich psychischer Komorbiditäten wurden vier Patientinnen als depressiv und eine Patientin mit einer Borderline-Störung diagnostiziert. Die Medikamenteneinnahme war auf die Einnahme von Antidepressiva (Selektive Serotonin-Wiederaufnahmehemmer, *n* = 4) beschränkt. Die gesunden Kontrollprobandinnen (M_{Alter} = 27.9 Jahre; *SD* = 7.6) wurden über die Universität in Ulm rekrutiert und anhand des Alters den Patientinnen paarweise zugeordnet. Der BMI in dieser Gruppe betrug durchschnittlich 21.0 (*SD* = 1.8). Die Kontrollprobandinnen mussten folgende Kriterien erfüllen, um an der Studie teilzunehmen: keine Medikamenteneinnahme (Ausnahme: Antikonzeptiva), keine vergangene/aktuelle Essstörung oder andere psychiatrische/somatische Störung.

Die Erhebung der verschiedenen Variablen erfolgte zu drei verschiedenen Messzeitpunkten: zu Beginn der Therapie (T1), nach vier bis sechs Wochen (T2) und am Ende der Therapie (12 bis 14 Wochen; T3). Die Erhebung der Kontrollprobandinnen war kongruent zu den gewählten Therapiezeitpunkten. Der Fokus in dieser Studie lag auf dem aktuellen Gewicht, verschiedenen Fragebogendaten zu der depressiven Symptomatik über das Beck-Depressions-Inventar (Beck, Steer & Brown, 1996) sowie der interozeptiven Sensibilität über die Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2 (Paul & Thiel, 2014) und der Erfassung interozeptiver Akkuranz über den Herzwahrnehmungstest. Bei dem Herzwahrnehmungstest wurden drei Intervalle (25, 35 und 45 Sekunden) eingeschlossen, wobei für die Messung der objektiven Herzschläge die Polaruhr (RS800CX, Polar Electro OY, Kempele, Finnland) eingesetzt wurde.

Ergebnisse

Die Patientinnen mit Anorexia nervosa wiesen ein signifikant geringeres Körpergewicht, eine erhöhte depressive Symptomatik sowie verminderte interozeptive Prozesse verglichen mit der gesunden Kontrollgruppe zum Messzeitpunkt 1 auf. Eine Regeneration und somit ein Anstieg des Gewichts sowie eine Abnahme der depressiven Symptomatik erfolgte im Verlauf der Therapie. Hinsichtlich der interozeptiven Akkuranz wurde nur ein deskriptiver Anstieg bei Patientinnen mit Anorexia nervosa ersichtlich, während die Kontrollgruppe weitestgehend auf dem

Ausgangsniveau blieb (siehe Abbildung 4). Basierend auf der Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde ein signifikanter Haupteffekt für die Gruppe (F (1, 28) = 5.99, $p < .05$; $\eta^2 = .18$) gefunden. Dieser wurde weder für die Zeit (F (2, 56) = .92, $p = .40$) noch für die Interaktion Zeit x Gruppe (F (2, 56) = 1.29, $p = .28$) belegt.

Für die interozeptive Sensibilität kam es zu einer deskriptiven Abnahme der Werte auf der Subskala „Interozeptive Wahrnehmung" des Eating Disorder Inventory-2. Demzufolge berichteten Patientinnen mit Anorexia nervosa weniger Probleme bei der interozeptiven Wahrnehmung am Ende der Therapie (siehe Abbildung 4). Dies spiegelt sich auch in der marginal signifikanten Interaktion von Zeit x Gruppe (F (2, 56) = 2.86, $p = .07$; $\eta^2 = .09$) wider. Darüber hinaus wurde ebenso ein signifikanter Haupteffekt für die Gruppe (F (1, 28) = 29.02, $p < .001$; $\eta^2 = .51$) sowie ein marginal signifikanter Haupteffekt für die Zeit (F (2, 56) = 3.17, $p = .06$; $\eta^2 = .10$) gefunden.

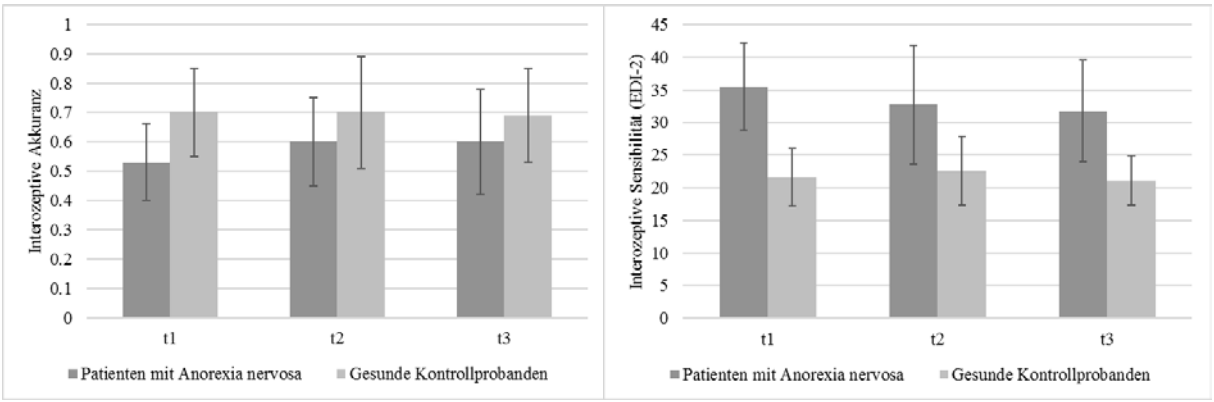

Abbildung 4. Mittelwerte und Standardabweichungen zur Veränderung interozeptiver Prozesse (getrennt nach interozeptiver Akkuranz und Sensibilität) im Verlauf bei Patientinnen mit Anorexia nervosa und gesunden Kontrollprobandinnen

Schlussfolgerung

Anhand der Ergebnisse lässt sich schlussfolgern, dass durch eine erfolgreiche kognitiv-behaviorale Therapie keine nachweisbare Regeneration hinsichtlich der interozeptiven Prozesse im Therapieverlauf von Patientinnen mit Anorexia nervosa erfolgte. Da durchaus eine deskriptive Veränderung in die erhoffte Richtung zu beobachten war, könnten verschiedene Faktoren dieses Ergebnis mitbegründen. Hierzu zählt unter anderem die geringe Power aufgrund der geringen Patientenzahl, die mögliche Dauer der Therapie und die fehlende Spezifikation der Therapie auf verschiedene interozeptive Prozesse. Ebenso sollte in zukünftigen Studien eine weitere Untersuchung interozeptiver Prozesse bei rückfälligen vs. regenerierten Patienten in Form einer

Follow-up-Erhebung nach sechs Monaten erfolgen, um zu spezifizieren, inwieweit diese weiter bestehenden verminderten interozeptiven Prozesse als Risikofaktor für einen Rückfall gelten könnten. Des Weiteren sollte über spezifische Möglichkeiten zur Verbesserung interozeptiver Prozesse als Therapiebestandteil nachgedacht werden. Ebenso sollten Interozeptionsmessungen zur Erfassung der metakognitiven und emotionalen Ebene in das Studiendesign einbezogen werden.

2.3 Studie III: Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy

Schultchen, D., Zaudig, M., Krauseneck, T., Berberich, G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy. *PLoS ONE, 14*(5), e0217237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237

Theoretischer Hintergrund

Zwangsstörungen (F42) sind durch sich aufdrängende, als unangenehm oder Angst/Scham/Schuld auslösende empfundene Gedanken (sogenannte *Obsessions*) sowie Handlungen, die den unangenehmen Erregungszustand reduzieren oder entgegenwirken, gekennzeichnet (Dilling et al., 2015; Taylor, 2011). Im ICD-10 erfolgt eine grundlegende Unterteilung anhand von Zwangsgedanken (F42.0), Zwangshandlungen (F42.1) oder beiden (F42.2). Entscheidend ist, dass die Betroffenen die Ausführung der Zwangshandlung als unsinnig, störend und nicht zum eigenen Ich zugehörig (ich-dyston) empfinden, jedoch gleichzeitig dem Drang nicht widerstehen können, entsprechenden Verhaltensweisen nachzugehen.

Eine Studie von Song et al. (2011) konnte belegen, dass eine höhere anteriore und verminderte posteriore Insulaaktivität bei Zwangspatienten im Vergleich mit gesunden Kontrollprobanden vorliegt. Die Autoren leiteten daraus ab, dass die Veränderung der Insulaaktivität möglicherweise die Verarbeitung interozeptiver Signale moduliert. Eine große Verunsicherung bezüglich der eigenen Wahrnehmung, etwa bei Kontrollzwängen bezogen auf die Frage, ob beispielsweise der Herd/die Tür/das Elektrogerät wirklich ausgeschaltet wurde, passt klinisch gut zu der Vermutung, dass Prozesse der Interozeption hier auch betroffen sein könnten.

Bisher gibt es nur eine weitere Studie von Yoris et al. (2017), die eine erhöhte interozeptive Akkuranz bei Zwangspatienten zeigt, welche die Autoren so interpretieren, dass diese insbesondere auf eine sensitive Überwachung aufkommender Gedanken und damit verbundener Körperempfindungen zurückzuführen sei. Die Erfassung der interozeptiven Akkuranz erfolgte hierbei, indem die Probanden synchron zu ihrem Herzschlag mit dem Finger der dominanten Hand tippen sollten (Canales-Johnson et al., 2015). Eine geringere Abweichung zwischen den objektiv erfassten Herzschlägen und den Taps stellte in diesem Paradigma somit eine bessere interozeptive Akkuranz dar. Da dieses Ergebnis in vielerlei Hinsicht kontraintuitiv zu bisherigen Ausführungen zu werten ist und kritisch diskutiert werden muss, wurde in der aktuellen Studie des Promotionsprojektes eine geringere Akkuranz gegenüber körperinternen Signalen angenommen, wobei diese Annahme vorrangig auf das Predictive Coding-Modell gestützt wurde. Demnach kann argumentiert werden, dass Zwangspatienten zur Minimierung des Prediction Errors eher auf externale Signale setzen, weil sie ihren eigenen Empfindungen nicht vertrauen können. Generell nehmen Patienten mit einer Zwangsstörung Zwangsgedanken als extrem unangenehm und ich-dyston wahr (z. B. „Ich könnte beim Autofahren jemanden aus Versehen angefahren haben und habe dies eventuell nicht bemerkt“), was zu einem erhöhten Angstlevel führt sowie zu dem Drang, etwa durch nochmaliges Abfahren der zurückgelegten Strecke mit dem Auto zu überprüfen oder andere überprüfen zu lassen, ob dies auch nicht der Fall ist (Zwangshandlung). Auch bei einmaliger Kontrolle der Strecke wird der eigenen Wahrnehmung misstraut, diese Strecke muss dann mehrfach kontrolliert werden. Da subjektiv kein Gefühl der Sicherheit eintritt und die Wahrnehmung des Körpers meist mit unangenehmer Erregung verbunden ist, werden diese Signale, wenn möglich, ausgeblendet. Demzufolge sind aufkommende interozeptive Signale für Patienten mit Zwangsstörungen als unzuverlässig und für Voraussagen als weniger geeignet eingestuft, was automatisch zu einem Fokus auf externale Reize oder andere Modalitäten führt, um einen möglichen Prediction Error zu reduzieren. Verschiedene Studien unterstreichen diese Annahme und zeigten, dass Zwangspatienten einen erhöhten Fokus auf externale Indikatoren (z. B. Biofeedback, Regeln oder Normen) setzen (Lazarov, Dar, Oded & Liberman, 2010; Lazarov, Liberman, Hermesh & Dar, 2014; Shapiro, Astin, Bishop & Cordova, 2005).

Basierend auf den theoretischen Ansätzen und den Studienergebnissen bezüglich des erhöhten Fokus auf exterozeptive Stimuli erfolgte die Annahme einer verminderten interozeptive Akkuranz bei Patienten mit einer Zwangsstörung. Zusätzlich soll die Studie erste Erkenntnisse gewinnen, ob sich solche Prozesse im Verlauf einer kognitiv-behavioralen Therapie verändern

bzw. verbessern. Wie auch in der Studie mit Anorexie-Patienten wurden verschiedene weitere Faktoren inkludiert, um den möglichen Erfolg der Therapie im Verlauf zu evaluieren. Hierzu zählten die Erfassung der Zwangssymptomatik sowie das Depressivitäts- und Angstlevel.

Methodik

Für die Studie wurden 26 Patienten mit einer Zwangsstörung (14 Männer; M_{Alter} = 28.6 Jahre, *SD* = 7.2) von der Psychosomatischen Klinik in Windach (Schwerpunkt: kognitiv-behaviorale Therapie) rekrutiert. Bezüglich auftretender Komorbiditäten wies der überwiegende Teil eine depressive Symptomatik (*n* = 13) auf. Zwei weitere Patienten bekamen zusätzlich die Diagnose Anorexia nervosa. Panikstörungen, soziale Phobien und somatische Störungen traten jeweils bei einem Patienten auf. Der überwiegende Teil der Patienten erhielt Antidepressiva (Selektive Serotonin-Wiederaufnahmehemmer; *n* = 17). Die gesunden Kontrollprobanden (14 Männer; M_{Alter} = 26.5 Jahre; *SD* = 5.6) wurden hierbei nach Alter, Geschlecht und Bildungshintergrund paarweise den Patienten zugeordnet. Zugleich wurden Kontrollprobanden nur erfasst, wenn sie keine Medikamente nahmen (Ausnahme: Antikonzeptiva) sowie keine vergangene oder aktuelle psychiatrische/somatische Störung aufwiesen.

Die Probanden durchliefen drei Erhebungszeitpunkte: zu Beginn der Therapie (T1), nach vier bis sechs Wochen (T2) und am Ende der Therapie nach dem Flooding (= massierte Exposition mit maximaler Konfrontation über mehrere Tage im stationären Setting)/der Expositionstherapie (8 bis 10 Wochen; T3). Die Erhebung der Kontrollprobanden war kongruent zu den gewählten Therapiezeitpunkten. Bei den Fragebogendaten füllten alle Probanden die Yale-Brown Obsession Skala (Goodman, Price, Rasmussen, Mazure, Delgado et al., 1989; Goodman, Price, Rasmussen, Mazure, Fleischmann et al., 1989), das Beck-Depressions-Inventar (Beck et al., 1996) und das Spielberger State-Trait-Angst-Inventar (Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs, 1983) aus.[3] Nach der Bearbeitung der Fragebögen erfolgte der Herzwahrnehmungstest zur Erfassung der interozeptiven Akkuranz, wobei auch in der Studie wieder drei Intervalle (25, 35 und 45 Sekunden) verwendet wurden. Die Erhebung der objektiven Herzschläge erfolgt erneut über die Polaruhr (RS800CX, Polar Electro OY, Kempele, Finnland).

[3] Aufgrund eines Kommentars eines Reviewers, der für die Nichtverwendung der Yale-Brown Obsession Skala in einer gesunden Stichprobe plädierte, wird die Zwangssymptomatik im Verlauf der Therapie nur für die Patienten mit einer Zwangsstörung berichtet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass Patienten mit einer Zwangsstörung eine sowohl erhöhte depressive als auch eine erhöhte Angstsymptomatik und eine geringere interozeptive Akkuranz im Vergleich zu den gesunden Kontrollprobanden aufwiesen. Während die Patienten im Therapieverlauf eine Verbesserung der Zwangssymptomatik sowie der depressiven und angstbezogenen Symptomatik zeigten, konnte dies für die interozeptive Akkuranz nicht signifikant nachgewiesen werden, wobei angemerkt werden sollte, dass ein deskriptiver Trend über die verschiedenen Messzeitpunkte verzeichnet wurde, welcher bei den Kontrollpersonen nicht ersichtlich wurde (siehe Abbildung 5). Im Detail konnte über die Varianzanalyse mit Messwiederholung ein signifikanter Haupteffekt für die Gruppe (F (1, 50) = 10.94, $p < .01$; $\eta^2 = .17$) gefunden werden. Jedoch konnte weder ein signifikanter Haupteffekt für die Zeit F (2, 100) = 1.64, $p = .20$) noch für die Interaktion Zeit x Gruppe (F (2, 100) = .41, $p = .67$) nachgewiesen werden. Zusätzliche Analysen konnten keinen Einfluss der Medikamente oder Komorbiditäten zeigen. Auch hinsichtlich des Einflusses des Depressivitäts- oder Angstlevels konnte keinerlei Einfluss bei den Analysen zur Veränderung der interozeptiven Akkuranz beobachtet werden.

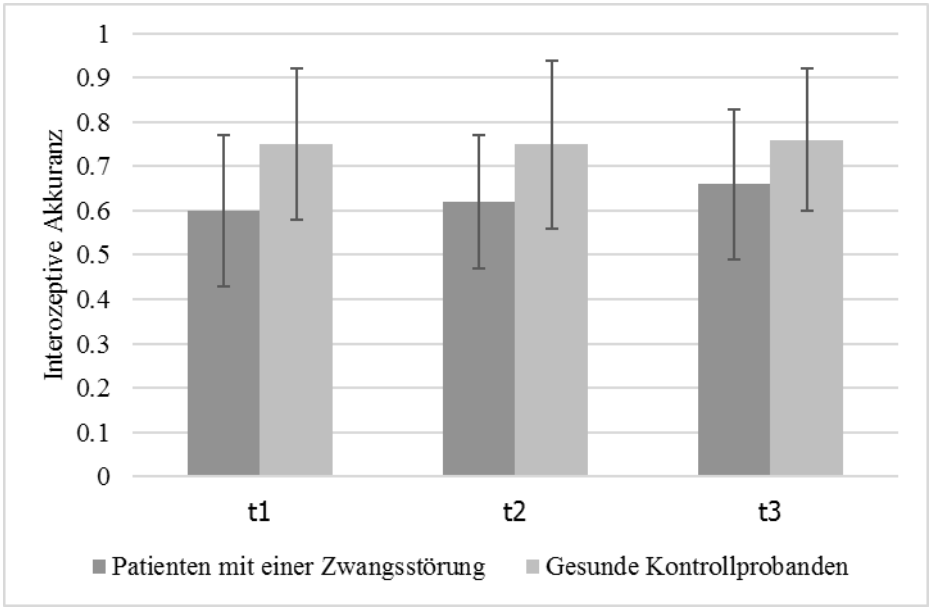

Abbildung 5. Mittelwerte und Standardabweichungen zur Veränderung interozeptiver Akkuranz im Verlauf bei Patienten mit einer Zwangsstörung und gesunden Kontrollprobanden

Schlussfolgerung

Patienten mit einer Zwangsstörung weisen in dieser Studie eine verminderte Akkuranzleistung auf, welche sich im Verlauf einer kognitiv-behavioralen Therapie nicht verändert. Dies passt zu den theoretischen Überlegung im Predictive Coding-Ansatz und ist kontrovers zu diskutieren, v. a. in Hinblick auf mögliche Unterschiede im Design und in der Stichprobe im Vergleich

zur Arbeit von Yoris et al. (2017). Zukünftige Studien sollten zusätzlich die interozeptiven Dimensionen der Sensibilität sowie der metakognitiven und emotionalen Ebene berücksichtigen. Darüber hinaus wäre die Erhebung der Interozeption beispielsweise sechs Monate nach Entlassung interessant, um zu elaborieren, inwieweit Interozeption auch als Risikofaktor eines Rückfalls gelten könnte. Für eine spezifischere Untersuchung könnte zudem eine Differenzierung zwischen Zwangsgedanken und -handlungen vollzogen werden. Gleichzeitig lässt sich anhand der Ergebnisse ableiten, dass eine kognitiv-behaviorale Therapie scheinbar noch nicht den gewünschten Erfolg zur Steigerung der Interozeption erzielt. Verschiedene Studien diskutieren Interozeption bereits als Risikofaktor für die Entwicklung psychischer Störungen. Unter der Prämisse, dass diese Hypothese wahr sein könnte, sollten zukünftige Studien den Einsatz therapeutischer Maßnahmen mit dem Fokus auf der Verbesserung interozeptiver Prozesse durch selbst- und körperfokussierte Verfahren evaluieren.

2.4 Studie IV: Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention

Fischer, D., Messner, M. & Pollatos, O. (2017). Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 452. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00452

Theoretischer Hintergrund

Die Bedeutung von Interozeption für die körperliche und mentale Gesundheit konnte bereits vielfach belegt werden (siehe Überblicksarbeiten u. a. von Farb et al., 2015; Khalsa et al., 2018; Quadt et al., 2018; Tsakiris & Critchley, 2016). Dabei spielen verschiedene Prozesse und Faktoren eine Rolle. Erstens wird eine Wahrnehmung gegenüber körperinternen Signalen (= Interozeption) benötigt, um auf entsprechende Bedürfnisse des Körpers wie Durst, Hunger, Schmerz oder erhöhten Stress zu reagieren sowie diesen bestenfalls nachzukommen (Herbert & Pollatos, 2008; Pollatos & Fischer, 2018; Vaitl, 1996). Zweitens konnte ein enger Zusammenhang mit Emotionswahrnehmung und -regulation sowie der Wahrnehmung krankheitsspezifischer Symptome belegt werden (u. a. Barrett et al., 2004; Füstös et al., 2013; Herbert, Herbert & Pollatos, 2011; Schandry et al., 1993; Tsakiris et al., 2011). Drittens zeigten verschiedene Arbeiten verminderte interozeptive Prozesse in klinischen und subklinischen Populationen. Hierzu zählen beispielsweise Essstörungen (z. B. Fassino et al., 2004; Fischer et al., 2016;

Pollatos et al., 2008), somatoforme Störungen (Weiss et al., 2014) sowie Depressionen (siehe u. a. Überblicksarbeit von Eggart et al., 2019).

Basierend auf der Bedeutung von Interozeption und der bisher nur geringen nachgewiesenen Effektivität kognitiv-behavioraler Ansätze bei Patienten mit Anorexia nervosa (Fischer et al., 2016) sowie Zwangsstörungen (Schultchen, Zaudig, Krauseneck, Berberich & Pollatos, 2019) gilt es Maßnahmen abzuleiten, die zu einer Steigerung von interozeptiven Prozessen beiträgt. Verschiedene Arbeiten konnten bereits Kurzzeiteffekte durch Nahrungsdeprivation, selbstfokussierte Maßnahmen, körperliche Anstrengung und Veränderungen des kardiovaskulären Systems belegen (u. a. Ainley et al., 2012; Herbert, Herbert et al., 2012; Herbert & Pollatos, 2012; Herbert, Ulbrich et al., 2007; Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016; Tsakiris et al., 2011). Bisher gibt es allerdings nur wenige Studien mit einem Design über einen längeren Zeitraum (Bornemann et al., 2014; Bornemann & Singer, 2017; de Jong et al., 2016; Kok & Singer, 2017; Parkin et al., 2014).

Einen vielversprechenden Ansatz zur Förderung interozeptiver Prozesse stellen achtsamkeitsbasierte Verfahren aufgrund der erhöhten Ausrichtung auf den Körper dar. Bisherige Ergebnisse verschiedener Effektivitätsstudien von Achtsamkeitsinterventionen auf interozeptive Prozesse – speziell der interozeptiven Akkuranz – sind inkonsistent. Während der überwiegende Teil der Arbeiten hinsichtlich der interozeptiven Sensibilität Effekte nachweisen konnte (u. a. Fissler et al., 2016; Mehling et al., 2012), verhält es sich bei der interozeptiven Akkuranz unterschiedlich (Bornemann & Singer, 2017; Krygier, Heathers, Kemp & Abbott, 2015; Parkin et al., 2014).

Die vorliegende Studie soll an Implikationen bisheriger Studien, dass interozeptive Prozesse gefördert werden sollten, anknüpfen. Darüber hinaus gibt es bisher nur wenige Studien mit längerer Interventionsdauer und inkonsistente Ergebnisse hinsichtlich der Effektivität achtsamkeitsbasierter Interventionen. Demnach war es das Ziel der vorliegenden Studie, mittels eines achtwöchigen Body Scan-Trainings eine höhere interozeptive Akkuranz und Sensibilität anzustreben. Der dazu veröffentliche Artikel unterteilt sich in zwei Studien, wobei sich hierbei lediglich die Kontrollbedingung unterschieden (Studie 1: aktive Kontrollgruppe hörte ein Hörbuch; Studie 2: inaktive Kontrollgruppe). In beiden Studien erfolgte die Annahme, dass der Einsatz eines achtwöchigen Body Scan-Trainings zu einer Verbesserung der interozeptiven Prozesse führt.

Methodik

Die Stichprobe der ersten Studie bestand aus insgesamt 50 Studierenden, wobei ein Teilnehmer nicht alle Testungen vollendete. Demzufolge waren es 49 Versuchsteilnehmer, die in die statistischen Analysen eingeschlossen wurden. Die Interventionsbedingung umfasste 25 Studierende (6 Männer; M_{Alter} = 22.4 Jahre, *SD* = 3.4), bei denen die Versuchspersonen 20 Minuten täglich einen deutschsprachigen Body Scan (Kabat-Zinn, 2013) durchführten. In der Kontrollbedingung hörten 24 Studierende (4 Männer; M_{Alter} = 22.6 Jahre, *SD* = 4.2) das Hörbuch „Die Anstalt“ von John Katzenbach. In der Body Scan-Gruppe berichteten sechs Teilnehmer von einer regelmäßigen Ausführung verschiedener Entspannungs- und Meditationstechniken (z. B. Body Scan, Achtsamkeitsinterventionen, Yoga oder Pilates), sechs Teilnehmer von einer gelegentlichen Ausführung und 13 von keiner Erfahrung. Drei Teilnehmer aus der Kontrollbedingung gaben eine regelmäßige Ausübung der Techniken an, fünf eine gelegentliche und 16 berichteten keine Erfahrung.

Im Rahmen der zweiten Studie nahmen insgesamt 36 Studierende teil, wobei 18 weibliche Teilnehmer (M_{Alter} = 22.2 Jahre, *SD* = 2.8) der Interventionsbedingung zugeordnet wurden und 18 weitere weibliche Teilnehmer der inaktiven Kontrollgruppe (M_{Alter} = 22.8 Jahre, *SD* = 3.3). Drei Teilnehmer der Interventionsgruppe gaben an, über eine regelmäßige Erfahrung verschiedener Entspannungs- und Meditationstechniken zu verfügen, während sieben Teilnehmer gelegentlich diesen Techniken nachgingen und acht Teilnehmer keine Erfahrung in diesem Bereich hatten. Im Gegensatz dazu berichtete in der inaktiven Kontrollbedingung nur ein Teilnehmer von einer regelmäßigen Ausübung, neun Teilnehmer gaben eine gelegentliche Ausführung an und acht Teilnehmer keine Erfahrung.

Alle Teilnehmer der Studien 1 und 2 nahmen an insgesamt drei Labortestungen teil: vor Beginn des Trainings (T1), nach vier bis fünf Wochen (T2) und nach acht bis neun Wochen (T3). Zur Erfassung der interozeptiven Akkuranz wurde der Herzwahrnehmungstest nach Schandry (1981) mit vier Intervallen (25, 35, 45 und 60 Sekunden) genutzt. Im Gegensatz zu den zuvor vorgestellten Studien erfolgte die Erfassung der objektiven Herzschläge in dieser Studie über ein Elektrokardiogramm (BIOPAC-Verstärker; Sampling Rate: 1000 Hz). Darüber hinaus wurde die interozeptive Sensibilität via Sicherheitsrating bei der Herzwahrnehmungsaufgabe (0 = *gar nicht sicher*; 10 = *sehr sicher*) sowie über die Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2 (Paul & Thiel, 2014) erfasst.

Zur Förderung der Adhärenz erhielten die Versuchsteilnehmer der Interventionsgruppe zudem ein Smartphone, wodurch sie täglich um 19 Uhr an die Ausführung des Body Scans erinnert wurden und die Versuchsleiter auch einsehen konnten, ob die Teilnehmer diesen regelmäßig ausführten. Die Probanden der aktiven Kontrollgruppe aus Studie 1 bekamen jeweils einen USB-Stick mit dem Hörbuch. Des Weiteren erhielten beide Gruppen aus Studie 1 eine ähnliche Instruktion zu der Ausführung ihrer Aufgaben (u. a. Wahl eines ruhigen Ortes für die Ausführung, störende Geräte ausschalten, Ausübung des Body Scans/Hören des Hörbuchs als Auszeit vom Alltag nutzen). Die inaktive Kontrollgruppe aus Studie 2 erschien lediglich zu allen drei Labortestungen und hatte in der Zwischenzeit keinerlei Aufgaben zu erfüllen.

Ergebnisse

Im Rahmen von Studie 1 wurde ein deskriptiver Trend hinsichtlich der Veränderung der Herzwahrnehmungsleistung (= interozeptive Akkuranz) sowie der damit verbundenen Sicherheit (= interozeptive Sensibilität) in der Body Scan-Bedingung beobachtet (siehe Abbildung 6), während sich die aktive Kontrollgruppe zwischen T1 und T2 zwar verbesserte, war bei T3 ein leichter Rückgang im Vergleich zu T2 zu verzeichnen. Bei der IAc zeigte sich anhand des Haupteffektes für die Zeit (F (2, 94) = 11.17, $p < .001$; $\eta^2 = .19$), dass sich beide Gruppen signifikant verbesserten. Es gab keinen Haupteffekt für die Gruppe (F (1, 47) = .77, $p = .38$) und keinen Interaktionseffekt (F (2, 94) = 1.28, $p = .28$), sodass nicht herausgestellt werden konnte, dass die Body-Scan-Gruppe deutlicher von der Intervention profitierte. Ähnlich verhielt es sich auch bei der abgefragten interozeptiven Sicherheit. So wurde erneut ein Haupteffekt für die Zeit gefunden (F (2, 94) = 6.89, $p < .01$; $\eta^2 = .12$), jedoch weder ein Haupteffekt für die Gruppe (F (1, 47) = 3.35, $p = .07$) noch ein Interaktionseffekt (F (2, 94) = 1.76, $p = .18$). Für die interozeptive Sensibilität, erfasst über die Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2, wurde keinerlei Veränderung gefunden und somit auch keine Effekte oder Interaktionen bei der durchgeführten Varianzanalyse mit Messwiederholung.

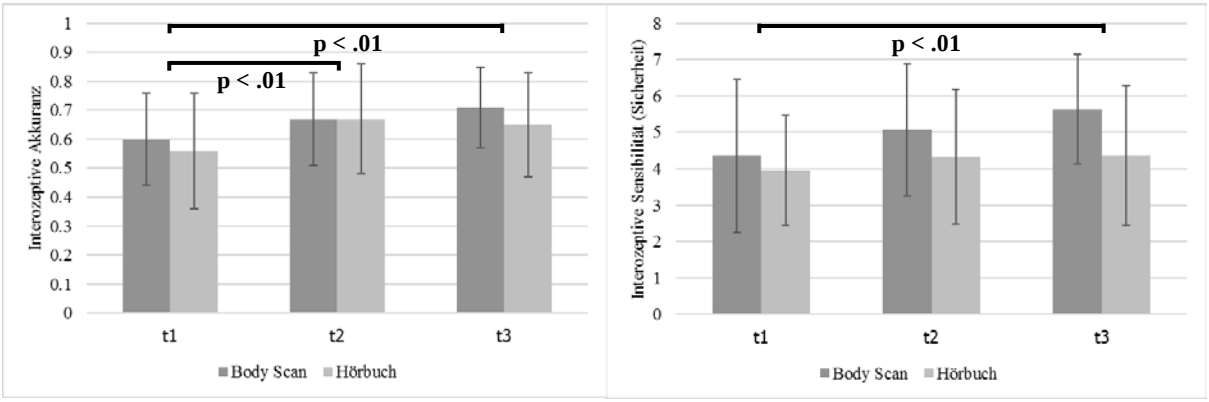

Abbildung 6. Mittelwerte und Standardabweichungen zur Veränderung interozeptiver Prozesse (getrennt nach interozeptiver Akkuranz und Sensibilität) im Verlauf pro Bedingung (Body Scan vs. Hörbuch)

Im Vergleich zu Studie 1 konnten die positiven Ergebnisse von Studie 2 auch inferenzstatistisch untermauert werden. Während in der Body Scan-Gruppe eine deutliche Verbesserung bei der Herzwahrnehmung und der damit verbundenen Sicherheit abgebildet wurde (siehe Abbildung 7), blieb diese Veränderung in der inaktiven Kontrollgruppe aus. Hinsichtlich der inferenzstatistischen Analyse wurde sowohl ein signifikanter Haupteffekt für die Zeit (F (2, 68) = 5.33, $p < .01$; $\eta^2 = .12$) als auch ein signifikanter Interaktionseffekt für Zeit x Gruppe (F (2, 68) = 3.28, $p < .05$; $\eta^2 = .08$) bei der interozeptiven Akkuranz gefunden. Hinsichtlich des Haupteffektes für die Gruppe (F (1, 34) = .64, $p = .43$) konnte keine Signifikanz bewiesen werden. Übereinstimmend mit diesen Ergebnissen konnten die gleichen Effekte auch für die IS bezüglich des Sicherheitsratings gezeigt werden. Dies inkludierte einen signifikanten Haupteffekt für die Zeit (F (2, 68) = 6.89, $p < .01$; $\eta^2 = .16$) sowie einen signifikanten Interaktionseffekt (F (2, 68) = 3.11, $p = .05$; $\eta^2 = .07$), jedoch einen ausbleibenden Haupteffekt für die Gruppe (F (1, 34) = 3.06, $p = .09$). Wie in Studie 1 wurden keine deskriptiven oder inferenzstatistischen Effekte des Body Scans auf die interozeptive Sensibilität, erfasst mittels der Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2, im Vergleich zur inaktiven Kontrollgruppe gefunden.

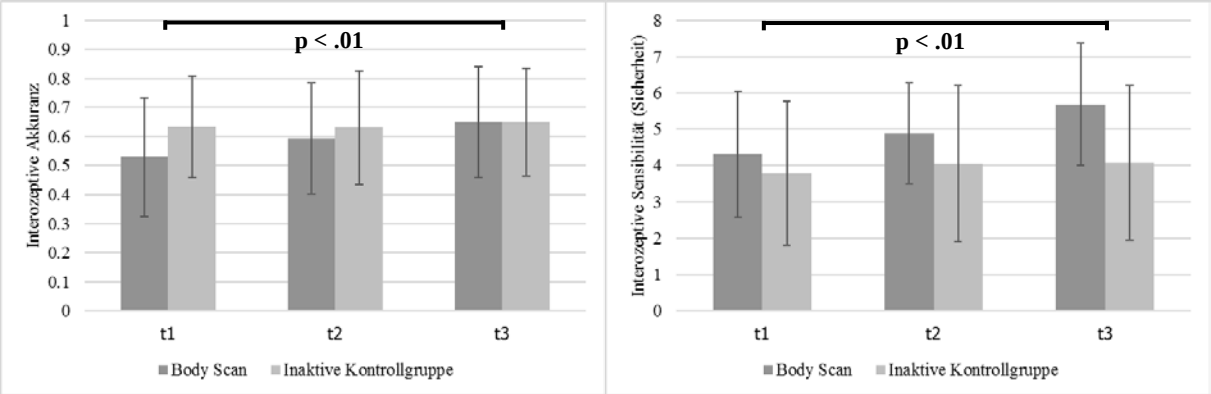

Abbildung 7. Mittelwerte und Standardabweichungen zur Veränderung interozeptiver Prozesse (getrennt nach interozeptiver Akkuranz und Sensibilität) im Verlauf pro Bedingung (Body Scan vs. inaktive Kontrollgruppe)

Schlussfolgerung

Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse in der Body Scan-Gruppe bei der interozeptiven Akkuranz und Sensibilität (= Sichherheitsrating) in Studie 1 wurden entsprechende Erklärungsmuster für die nicht-signifikanten Ergebnisse dieser Studie elaboriert und anhand dessen Ansätze für Studie 2 festgemacht. Zu den denkbaren Erklärungen zählte, dass die Hörbuch-Gruppe möglicherweise auch einen achtsamkeitsbasierten Effekt durch die instruierte Auszeit vom Alltag hat. Ein weiterer möglicher Einfluss könnte dadurch ausgelöst worden sein, dass die Hörbuchgruppe aufgrund der spannenden Story[4] eine höhere Motivation für die Ausübung der Aufgabe aufwies, während die Interventionsgruppe jeden Tag für 20 Minuten denselben Body Scan hörte. Basierend auf diesen Einflussfaktoren erfolgte der Entschluss, eine weitere Studie mit einer inaktiven Kontrollbedingung durchzuführen.

Insgesamt lässt sich anhand der beiden Studien ableiten, dass der Body Scan einen positiven Effekt auf interozeptive Prozesse hat. Aus den deskriptiven Werten lässt sich zudem schlussfolgern, dass ein Zeitraum von über vier Wochen entscheidend ist. Insbesondere die Post-hoc-Analysen zwischen T1 und T2 in der Body Scan-Gruppe zeigten oftmals keine signifikante Veränderung, während diese zwischen T1 und T3 mehrheitlich nachgewiesen werden konnte. Basierend auf den Ergebnissen von Ainley et al. (2012), nach denen insbesondere Personen mit einer geringen interozeptiven Akkuranz von einem Training profitierten, sollten zukünftige Studien untersuchen, inwieweit solche Trainings auch effektiv für klinische Stichproben, bei denen vorrangig verminderte interozeptive Prozesse auftreten, sind. Gleichzeitig sollten die metakognitive sowie die emotionale Ebene hinsichtlich der Interozeptionsmessung ebenso in das Studiendesign einbezogen werden.

[4] Selbstbericht der Versuchspersonen

3 Diskussion

Die eingeschlossenen Publikationen dieser Dissertation basieren auf vier verschiedenen Studien mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Die verschiedenen Fokusse liegen auf den Zusammenhängen und Einflussgrößen gesundheitsrelevanter Variablen (u. a. Stress, Gewicht, psychische Stören), interozeptiven Prozessen in verschiedenen (non-)klinischen Stichproben sowie der Veränderung interozeptiver Prozesse mit Blick auf den präventiven und den therapeutischen Kontext. Im Folgenden sollen die verschiedenen Studien zusammenfassend vorgestellt werden. Darüber hinaus soll der Bezug zueinander unter Berücksichtigung der Literatur dargestellt werden sowie Ergebnisse diskutiert und entsprechende Implikationen für die zukünftige Forschung und Praxis getroffen werden.

3.1 Einordnung der Ziele und der Studien der Dissertation

Anhand von Abbildung 8 werden die wichtigsten Ergebnisse sowie deren Einordnung anhand der Ziele der Dissertation dargelegt. Der erste Themenschwerpunkt fokussierte sich vor allem auf die Untersuchung verschiedener gesundheitsrelevanter Zusammenhänge und Einflussgrößen auf interozeptive Prozesse. Wie bereits umfangreich in den Kapiteln von 1.4 aufgezeigt, zählen hierzu vorrangig Emotionen, Gewicht, Aktivitäts-/Fitnesslevel, Stress, Geschlecht, Alter, kardiovaskuläre Parameter, psychische und somatische Störungen sowie die Einnahme von Medikamenten.

Angemerkt wurde in Kapitel 1.4.2 ebenso, dass Stress im Zusammenhang mit Interozeption bisher nur eine geringe Bedeutung zukommt und wenn dann eher, wie im Review von Schulz und Vögele (2015) beschrieben, der Schwerpunkt auf akutem Stress liegt. Im Rahmen von **Studie I** zeigte sich, dass interozeptive Akkuranz mit chronischem Stress zusammenhängt. Demnach zeigten Personen mit einer höheren Genauigkeit bei der Wahrnehmung kardiovaskulärer Signale ein geringeres chronisches Stresslevel. Darüber hinaus wurde dieser negative Zusammenhang durch eine erhöhte Selbstregulation mediiert. Somit sollte für zukünftige Studien und Interventionen überdacht werden, inwieweit auch chronischer Stress als Einfluss berücksichtigt werden sollte, insbesondere da auch hier ein Zusammenhang zu kardiovaskulären Veränderungen sowie ein Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen besteht (u. a. Manenschijn et al., 2013; Whitworth, Williamson, Mangos & Kelly, 2005). Demnach könnte die Wahrnehmung körperinterner Signale als Frühwarnsymptom für Stress gelten, auf die ein Individuum adäquat reagieren und entsprechende Coping- und Selbstregulationsmechanismen einsetzen sollte, um

Stress entgegenzuwirken. Bisherige Arbeiten im Kontext von Stress fokussierten sich vor allem auf den Zusammenhang mit akutem Stress sowie auf den Effekt dessen auf interozeptive Prozesse (für einen Überlick siehe Schulz & Vögele, 2015). Darüber hinaus belegte bisher nur eine Studie, dass eine erhöhte Speichelcortisolproduktion (= akuter Stress; in Reaktion auf einen psychosozialen Stressor) mit einer erhöhten interozeptiven Akkuranz einhergeht (Maeda et al., 2019).

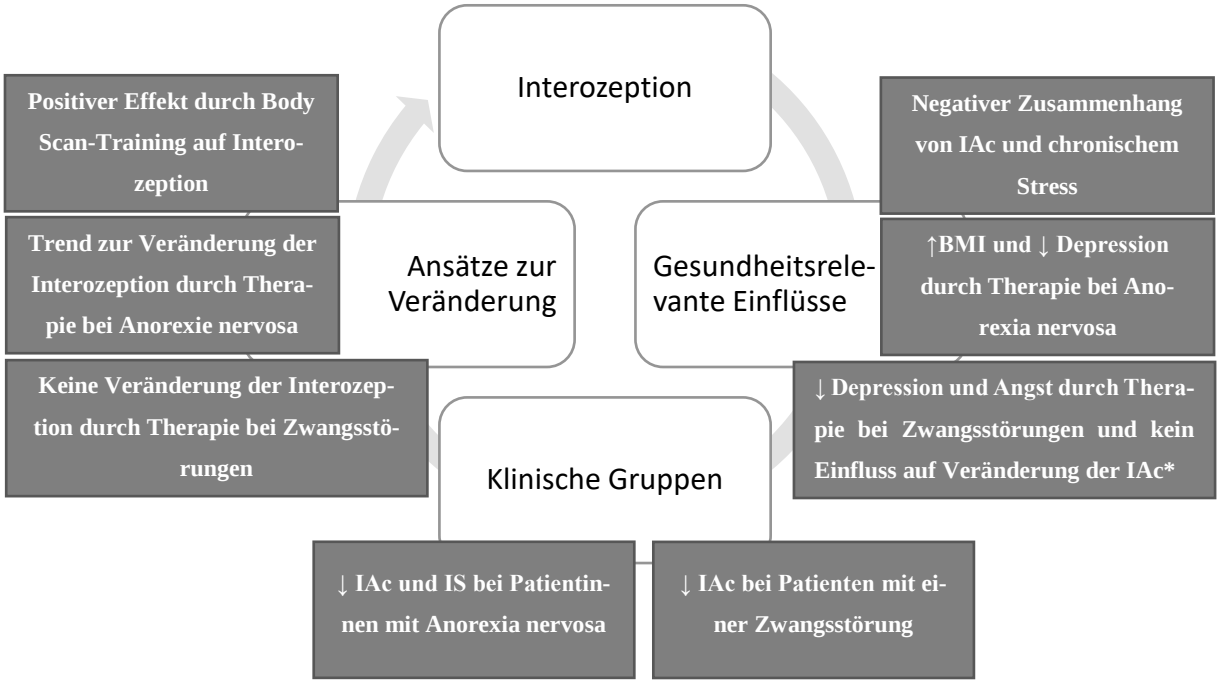

Abbildung 8. Zusammenfassender Überblick der Ergebnisse und Einordnung (IAc = interozeptive Akkuranz; IS = interozeptive Sensibilität; * Medikament und Komorbiditäten zeigen keinen Einfluss bei Verlaufsuntersuchungen hinsichtlich Depression, Angst und interozeptiver Akkuranz)

In **Studie II** und **III** wurden weitere verschiedene benannte Einflussfaktoren in explorativen und zusätzlichen Analysen berücksichtigt. Demnach wurde in **Studie II** gezeigt, dass sich Patientinnen mit Anorexia nervosa signifikant von den gesunden Kontrollprobandinnen hinsichtlich des BMI und der depressiven Symptomatik unterschieden. Aufgrund der kleinen Stichprobe und der damit verbundenen geringen statistischen Power wurden die Variablen nicht als Kovariaten in die Analysen einbezogen, sondern als Kontrollvariablen für den Erfolg der Therapie betrachtet. Demnach wurden separate Varianzanalysen mit Messwiederholung durchgeführt. Im Therapieverlauf zeigte sich, dass sich diese Indikatoren verbesserten und somit von einem Erfolg der Therapie ausgegangen werden kann. In **Studie III** wurde zusätzlich Angst als Erfolgsfaktor inkludiert, während der BMI keine weitere Berücksichtigung fand. Anhand der

Ergebnisse lässt sich festhalten, dass die Patienten mit einer Zwangsstörung eine erhöhte depressive- und Angstsymptomatik im Vergleich zu den gesunden Kontrollprobanden aufwiesen. Neben der Verbesserung der Zwangssymptomatik konnte auch eine Verbesserung der depressiven und angstbezogenen Symptomatik verzeichnet werden. Ähnlich wie bei **Studie II** sollten die Variablen ursprünglich aufgrund der mangelnden statistischen Power nicht als Kovariaten in die statistischen Analysen einbezogen werden. Basierend auf dem Kommentar eines Reviewers erfolgte jedoch eine zusätzliche Kovarianzanalyse, welche keinen Einfluss der depressiven und angstbezogenen Symptomatik auf die Veränderung interozeptiver Akkuranz nachweisen konnte. Weiterhin erfolgte der Einbezug von Medikamenten und Komorbiditäten in Form einer Kovarianzanalyse, wobei auch hier keinerlei Einfluss herausgefiltert wurde. Diese Ergebnisse sollten jedoch, wie bereits erwähnt, mit Vorsicht betrachtet und im Rahmen einer größeren Stichprobe repliziert werden.

Der zweite Themenschwerpunkt lag auf den Ausprägungen interozeptiver Prozesse bei klinischer Störungsbildern, welcher in Kapitel 1.4.3 mit dem Fokus auf Essstörungen, Zwangsstörungen, Depressionen und Angststörungen beleuchtet wurde. Wie auch in den Arbeiten von Pollatos et al. (2008; 2016) zeigte sich in **Studie II** eine verminderte interozeptive Akkuranz bei Patientinnen mit Anorexia nervosa im Vergleich zu den gesunden Kontrollprobandinnen. Diese Ergebnisse sind jedoch nicht kongruent mit den Studien, die keine Unterschiede hinsichtlich der interozeptiven Akkuranz fanden (Ambrosecchia et al., 2017; Eshkevari et al., 2014; Richard et al., 2019) oder eine erhöhte Wahrnehmung körperinterner Signale (Lutz et al., 2019) aufzeigten. Speziell für die interozeptive Sensibilität wurde ebenso eine verminderte Ausprägung nachgewiesen, welche in Akkordanz mit vergangenen Forschungsarbeiten ist (Fassino et al., 2004; Jenkinson et al., 2018; Matsumoto et al., 2006; Pollatos et al., 2008). In **Studie III** konnte ebenso eine verminderte interozeptive Akkuranz bei Zwangspatienten gefunden werden, die nicht mit den gegensätzlichen Studienergebnissen von Yoris et al. (2017) übereinstimmt. Jedoch bleibt zu berücksichtigen, dass Zwangspatienten möglicherweise einen erhöhten Fokus auf externale Reizen (u. a. Lazarov et al., 2010; Lazarov et al., 2014) setzen, um den Prediction Error zu minimieren, was eher für die Ergebnisse dieser Dissertation sprechen würde. Eine ausführliche Diskussion erfolgt in Kapitel 3.3.

Der dritte Themenschwerpunkt der Dissertation beschäftigt sich mit Ansätzen zur Veränderung interozeptiver Prozesse. Während **Studie II** und **III** den Fokus auf Interventionen im Therapiekontext legten, fokussierte sich **Studie IV** auf den präventiven Ansatz. Bisher gab es keine

Arbeit, die explizit den Einfluss einer kognitiv-behavioralen Therapie hinsichtlich der klinischen Störungsbilder zu Anorexia nervosa und Zwangsstörungen untersuchte. Frühere Studien fokussierten sich eher auf den Effekt körper- oder selbstfokussierter Interventionen (siehe Kapitel 1.5). Lediglich zwei Arbeiten im klinischen Kontext untersuchten dabei gängige Interventionen sowie den zusätzlichen Einsatz eines achtsamkeitsbasierten Verfahrens im Vergleich zu der gängigen Intervention und/oder eines psychoedukativen Ansatzes (de Jong et al., 2016; Price et al., 2018). Anzumerken bleibt jedoch, dass sich beide Studien auf die Untersuchung der interozeptiven Sensibilität mittels MAIA bezogen, sodass bisher keine Studien mit dem Fokus auf interozeptiver Akkuranz sowie der Kombination aus Akkuranz und Sensibilität existieren. Allgemein bleibt festzuhalten, dass Studien mit dem Einbezug einer klinischen Störungsgruppe eher gering vertreten sind und neben den zwei benannten Arbeiten nur noch eine weitere existiert, die den Effekt von Achtsamkeitstraining bei Patienten mit einer Depression untersucht, wobei sich diese nicht in einem therapeutischen Setting befanden (Fissler et al., 2016). Hierbei erfolgte ebenso nur die Untersuchung der interozeptiven Sensibilität via Fragebogen (MAIA). Im Rahmen von **Studie II** zeigte sich ein deskriptiver Trend hinsichtlich der Verbesserung interozeptiver Prozesse der interozeptiver Akkuranz und Sensibiltität über den Therapieverlauf bei Patientinnen mit Anorexia nervosa. Im Gegensatz dazu wurde keine Veränderung der interozeptiven Akkuranz in **Studie III** mit dem Schwerpunkt auf Zwangsstörungen gezeigt. Demzufolge lässt sich ableiten, dass eine kognitiv-behaviorale Therapie nur einen geringen Einfluss auf interozeptive Prozesse beinhaltet und zur Verbesserung dieser Prozesse spezifischere Ansätze benötigt werden.

Während im klinischen Bereich nur wenige Verlaufsuntersuchungen und Effektivitätsstudien verschiedener Interventionen existieren, gibt es eine größere Bandbreite an Untersuchungen im präventiven Bereich mit dem Fokus auf gesunden Probanden (u. a. Bornemann et al., 2014; Bornemann & Singer, 2017; Kok & Singer, 2017; Walsh et al., 2019). Anzumerken bleibt, dass nur die Studien von Weineck et al. (2019) und Parkin et al. (2014) sowohl die Veränderung von interozeptiver Akkuranz und Sensibilität untersuchten und die anderen Studien eher den Fokus auf Untersuchungen einzelner interozeptiver Dimensionen legten. An diese Lücke anknüpfend wurde in **Studie IV** der Fokus auf den Einfluss eines Body Scan-Trainings auf die verschiedenen interozeptiven Prozesse untersucht, wobei sowohl der Herzwahrnehmungstest (= interozeptive Akkuranz) sowie das Sicherheitsrating und Fragebogendaten der Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2 (= interozeptive Sensibilität) einbezogen wurden. Zu den Ergebnissen von **Studie IV** lässt sich zusammenfassend festhalten, dass ein

deskriptiver Trend für die Verbesserung der interozeptiven Akkuranz und der Sensibilität (erfasst über das Sicherheitsrating) in der ersten Studie mit der aktiven Kontrollgruppe nachgewiesen werden konnte. Unter Einbezug der inaktiven Kontrollgruppe in Studie 2 konnte die positive Richtung mit einer signifikanten Interaktion bestätigt werden. Demnach konnte ein Effekt der achtwöchigen Body Scan-Intervention auf die interozeptive Akkuranz und Sensibilität (erfasst über das Sicherheitsrating) im Vergleich zur inaktiven Kontrollgruppe gezeigt werden. In beiden Studien konnte keinerlei Veränderung bei der erfassten interozeptiven Sensibilität über die Subskala des Eating Disorder Inventory-2 gezeigt werden.

3.2 Einflussfaktoren und Erfassung interozeptiver Prozesse

Unter dem gesamten Kapitel 1.4 wurden verschiedene Faktoren beschrieben, die einen Zusammenhang mit sowie Einfluss auf interozeptive Prozesse, insbesondere auf die interozeptive Akkuranz, haben können. Nachfolgend sollen die Ergebnisse speziell für die gesundheitsrelevante Variable des chronischen Stresses noch einmal aufgegriffen werden, und gleichzeitig verschiedene Einflussfaktoren, die es bei der Erhebung zu beachten gilt, diskutiert werden.

Der negative Zusammenhang zwischen interozeptiver Akkuranz und verschiedenen Maßen zur Erfassung des chronischen Stresses (Selbstberichts- und psychophysiologische Maße) wurde in **Studie I** belegt. Im Vergleich dazu zeigten Studien zum akuten Stress einen positiven Zusammenhang mit interozeptiver Akkuranz (z. B. bei Reden, Lösen von Rechenaufgaben und körperlichen Verausgabungen; siehe Überblicksarbeit von Schulz & Vögele, 2015). Anzumerken bleibt, dass dies insbesondere für Studien nachgewiesen werden konnte, die den Herzwahrnehmungstest verwendeten. Im Gegensatz dazu zeigten Studien unter Verwendung des Diskriminationsverfahrens eine geringere Akkuranzleistung, wenn die Versuchspersonen mit einem akuten Stressor konfrontiert wurden (z. B. Rechenaufgaben, Cold Pressor Test; Fairclough & Goodwin, 2007; Schulz et al., 2013). Inwieweit sich diese Verfahren unterscheiden (interozeptiver vs. exterozeptiver Fokus) und dass somit eine Vergleichbarkeit schwierig ist, wurde bereits in Kapitel 1.2 erläutert. Anhand der Ergebnisse von **Studie I** lässt sich insgesamt ableiten, dass Personen mit einer hohen Wahrnehmung kardiovaskulärer Signale Stress sowie damit verbundene Symptome besser wahrnehmen können. Gleichzeitig wurde angenommen, dass Personen mit einer höheren Selbstregulation in diesem Kontext auch besser auf entsprechende Stressoren reagieren können.

Insgesamt sollte bei Studien mit einer Erhebung psychophysiologischer Daten beachtet werden, dass diese meist mit Schwankungen verknüpft sind. Im Gegensatz zu den verwendeten Speichelcortisol-Daten aus der Studie von Maeda et al. (2019) ist Haarcortisol (siehe **Studie I**) jedoch ein deutlich robusterer Parameter. Gründe hierfür umfassen, dass Speichelcortisol abhängig von dem zirkadianen Rhythmus und dem Hormonlevel ist (Brand, Holsboer-Trachsler, Naranjo & Schmidt, 2012; Iglesias et al., 2015; Russell, Koren, Rieder & van Uum, 2012; van Uum et al., 2008). Weiterhin kann anhand der Speichelprobe nur eine Aussage für die entsprechende Tageszeit getroffen werden, während Haarproben das chronische Stresslevel mehrerer Wochen bis Monate widerspiegeln können (Russell et al., 2012). Für eine korrekte Erhebung müssen jedoch auch entsprechende Einflussfaktoren bei der Erfassung der Haarproben mit erhoben werden, wobei es aktuell noch kein einheitliches Protokoll gibt. Hierbei werden verschiedene Einflussfaktoren (z. B. Alter, Geschlecht, Haarfarbe (hell vs. dunkel) sowie der Einfluss einer Haarfärbung oder -tönung) diskutiert (Dettenborn, Muhtz et al., 2012; Dettenborn, Tietze, Kirschbaum & Stalder, 2012).

Wie bei der Erfassung des Haarcortisol- und des DHEA-Levels gibt es auch für die Erhebung der interozeptiven Akkuranz kein einheitliches Protokoll für die zusätzliche Erhebung möglicher Einflussfaktoren. Vielmehr wurden diese basierend auf den Erfahrungen der Autorin sowie dem Austausch mit der eigenen und verschiedenen weiteren Arbeitsgruppen dieses Fachbereichs zusammengestellt und kontinuierlich im Rahmen der hier dargelegten Studien miterfasst. Zukünftige Studien sollten hier ansetzen und anhand einer großen Stichprobe deutlicher herausstellen, welche Einflussgrößen von Bedeutung sind. Denn auch wenn entsprechende Einflussgrößen im Rahmen der Studien erfasst wurden, erfolgte keine Analyse bei mangelnder statistischer Power oder kein Bericht dieser Einflüsse bei nicht-signifikanten Ergebnissen.

Hinsichtlich der Erfassung interozeptiver Prozesse gilt es nicht nur die Einflussgrößen kritisch zu beleuchten, sondern ebenso die Messinstrumente sowie deren Verwendung zu diskutieren. Nachfolgend werden sowohl die Erfassung der interozeptiver Akkuranz (u. a. aktuelle Kritik, Instruktion, Validität) und der Sensibilität kritisch diskutiert. Zamariola, Maurage et al. (2018) veröffentlichten einen Artikel, der die Verwendung des Herzwahrnehmungstests nach Schandry (1981) kritisierte. Sicherlich ist hierbei zu berücksichtigen, dass bereits auch andere Artikel publiziert wurden, welche jedoch vorrangig darauf abzielten, dass in der Aufgabe nach Schandry das Wissen sowie die Einschätzung bezüglich des eigenen Herzschlags und Aspekte der Zeitwahrnehmung berücksichtigt werden sollten (u. a. Knapp-Kline & Kline, 2005; Ring &

Brener, 1996, 2018; Ring, Brener, Knapp & Mailloux, 2015; Wittmann, 2013). Darüber hinaus schlugen diese Arbeiten entsprechende Maßnahmen vor, inwieweit diese Parameter in zukünftigen Studien berücksichtigt werden können. Im Gegensatz dazu ist das Paper von Zamariola, Maurage et al. (2018) mit einigen Schwächen hinsichtlich des Verständnisses des Konzepts der interozeptiven Akkuranz, der Durchführung des Herzwahrnehmungstests und den statistischen Analysen konfrontiert. Demnach sind beispielsweise die verwendeten Korrelationsanalysen in diesem Kontext nicht angemessen. Wenn eine solche Analyse durchgeführt wird, sollten eher hierarchische Strukturgleichungsmodelle verwendet werden. Gleichzeitig wurde keiner der benannten Einflussgrößen aus Kapitel 1.4.2 und 1.4.3 in der Datenanalyse berücksichtigt, wie auch Ainley, Tsakiris, Pollatos, Schulz und Herbert (submitted) in ihrem noch nicht publizierten Paper anmerken. Auch weitere Kritikpunkte von Zamariola, Maurage et al. (2018) werden in dem Paper von Ainley et al. (in preparation) aufgegriffen und entsprechend diskutiert. Hierzu zählen unter anderem der Einbezug des Wissens über die Herzrate. Ainley et al. (in preparation) stellen dabei in Frage, dass basierend auf den verwendeten kurzen Intervallen beim Herzwahrnehmungstest dieses Wissen kontinuierlich präsent sein kann und der Proband darauf zurückgreift – insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass der Proband instruiert wird, sich auf den eigenen Herzschlag zu konzentrieren. Ebenso wird der Test nicht als kognitiver- oder Intelligenztest vor den Probanden präsentiert, sodass die Motivation für eine Manipulation eher gering ist und der Fokus auf dem Zählen des Herzschlags liegt. Basierend auf den genannten Argumenten und teilweise fragwürdigen Analysen (siehe spezifischer Ainley et al., in preparation) ist die geäußerte Kritik in dem Paper von Zamariola, Maurage et al. (2018) größtenteils eher zweifelhaft sowie nicht innovativ. Zukünftige Studien sollten hierbei jedoch erneut ansetzen und die Reliabilität sowie Validität des Herzwahrnehmungstest spezifischer untersuchen.

Auf Grundlage eigener Erfahrungen ist zudem die korrekte Instruktion bei dem Herzwahrnehmungstest ebenso von entscheidender Bedeutung und gleichzeitig auch die Überprüfung, inwieweit Probanden dieser Folge leisten. Demzufolge führen schon geringe Druckeinwirkungen (z. B. aufgrund überschlagener Beine oder der Hände unter den Oberschenkeln) zu einer verbesserten Wahrnehmung des Herzschlags, weshalb dies in der Instruktion erwähnt und damit vermieden werden sollte. Ebenso werden die Probanden instruiert, nicht den Atem anzuhalten, was manche jedoch automatisch machen, um nicht von der Atmung beim Zählen abgelenkt zu werden. Hierbei sind zusätzliche Erfassungen der Atmung via BIOPAC von Vorteil, da somit solche Abweichungen von der Instruktion sichtbar werden und darauf auch entsprechend rea-

giert werden kann. Basierend auf eigenen Erfahrungen ist hierbei ein Hinweis in der Übungsbedingung ausreichend, um diesem Problem entgegenzuwirken. Aber auch die Instruktion generell kann als Einflussfaktor gelten. Demzufolge kann laut Schulz und Vögele (2015) zwischen einer Standardinstruktion („Zähle alle Herzschläge, die du in deinem Körper fühlst“) und einer strengen Instruktion („Zähle nur die Herzschläge, bei denen du dir wirklich sicher bist“) unterschieden werden, sodass es auch hier zu Differenzen bei dem endgültigen Herzwahrnehmungsscore kommen kann. Problematisch bei solchen kleinen Abweichungen in der Instruktion ist, dass diese teilweise nicht aus den publizierten Artikeln herausgefiltert werden können, da einerseits nicht angegeben wird, welche konkrete Instruktion verwendet wurde und andererseits auch wenig über die Berücksichtigung möglicher Störvariablen (z. B. vorherige körperliche Aktivität, Prüfungsstress) geschrieben wird. In allen vier Studien dieser Dissertation wurde darauf geachtet, dass diese Punkte Berücksichtigung finden und somit eine korrekte Instruktion und Ausführung des Herzwahrnehmungstests gewährleistet ist.

Trotz der verschiedenen Kritikpunkte und der zu beachtenden Punkte bei der Ausführung des Herzwahrnehmungstest sollte festgehalten werden, dass dieser bei einer ausgedehnten Bandbreite von Studien Anwendung findet und ebenso unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren leicht anzuwenden ist (Erle, Mitschke & Schultchen, submitted; Ferentzi et al., 2019; Schultchen, Bayer, Kühnel, Melchers & Pollatos, 2019). Weiterhin nicht irrelevant und somit bestätigend für die Validität sind die Befunde, dass es eine Assoziation zwischen interozeptiver Akkuranz und damit zusammenhängenden neuropsychologischen Indikatoren wie dem Herzschlag-evozierten Potenzial gibt (z. B. Mai, Wong, Georgiou & Pollatos, 2018; Pollatos & Schandry, 2004).

Doch nicht nur hinsichtlich der Erhebung interozeptiver Akkuranz gibt es Unstimmigkeiten, sondern ebenso bei der interozeptiven Sensibilität, insbesondere bezüglich der Fragestellung, welcher der Fragebögen der geeignetere ist. Wie bereits in Kapitel 1.2 beschrieben, kommen vor allem der Fragebogen zur Körperwahrnehmung (beziehungsweise überwiegend deren Subskala „Bewusstsein“) und der MAIA zum Einsatz. Auch die Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2 findet Anwendung. Insgesamt haben alle Fragebögen einen unterschiedlichen Fokus und müssen sich mit verschiedenen Kritiken hinsichtlich des Einsatzes auseinandersetzen. Die von Garfinkel et al. (2015) vorgeschlagene Subskala „Bewusstsein“ des Fragebogens zur Körperwahrnehmung fokussiert sich vor allem auf die gene-

relle körperliche Symptomwahrnehmung. Problematisch ist, dass bisher für den deutschsprachigen Fragebogen keine Überprüfung der Gütekriterien erfolgte und im internationalen Bereich diese nur für die Kurzform existiert. Der MAIA erfasst verschiedene Facetten der Interozeption und ist von allen Fragebögen im Kontext der Interozeption sehr breit aufgestellt, gleichzeitig wurde bei zwei Subskalen eine geringe interne Konsistenz nachgewiesen, sodass der Einsatz unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten mit Vorsicht zu genießen ist. Wie bereits beschrieben und basierend auf der geringen internen Konsistenz zweier Subskalen, erfolgte eine Weiterentwicklung des MAIA, wobei hier noch keine deutsche Fassung existiert (Mehling et al., 2018). Die Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2 hat den Fokus eher auf dem Essverhalten und der damit verbundenen interozeptiven Signalwahrnehmung, sodass dieser vorrangig im Kontext von Essstörungen eingesetzt wird (Fischer et al., 2016; Jenkinson et al., 2018). Ein weiterer im internationalen Bereich verwendeter Fragebogen ist der Body Awareness Questionnaire (BAQ; Shields, Mallory & Simon, 1989). Kernpunkt der Erfassung ist hierbei das Körperbewusstsein. Anhand der vorgestellten Fragebögen zeigt sich, dass alle Fragebögen unterschiedliche Schwerpunkte hinsichtlich der Erfassung haben. Gleichzeitig mangelt es bei den Fragebögen überwiegend auch an einer psychometrischen Überprüfung der Gütekriterien. Insgesamt ist es jedoch schwierig, einen solchen Fragebogen zur Erfassung der interozeptiven Sensibilität zu entwickeln, da zuerst die Frage beantwortet werden muss, welche Dimensionen zur Interozeption gehören und ob auch die unterschiedlichen Modalitäten (z. B. Wahrnehmung von kardiovaskulären, respiratorischen und gastrointestinalen Signalen) gemeinsam oder getrennt Berücksichtigung finden sollten.

Eine weitere Schwierigkeit ist, dass die Erfassung der interozeptiven Akkuranz *State*-Zustände abbildet, während die Erfassung der interozeptiven Sensibilität via Fragebögen *Trait*-Zustände darstellt. Ziel sollte eine einheitliche Erfassung dieser Zustände sein oder eine Kombination wie in **Studie IV** aus zwei State-Maßen (interozeptive Akkuranz via Herzwahrnehmungstest und Sensibilität via Sicherheitsratings) sowie einem Trait-Maß (Subskala „Interozeptives Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2). Insgesamt bleibt jedoch anzumerken, dass der Einsatz der Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2 in **Studie IV** nicht geschickt gewählt wurde. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass der thematische Schwerpunkt dieses Fragebogens auf dem Essverhalten und der damit verbundenen interozeptiven Wahrnehmung liegt. Demzufolge sollte lieber ein Fragebogen zur generellen Erfassung der interozeptiven Sensibilität verwendet werden (z. B. Fragebogen zur Körperwahrnehmung oder MAIA; eine ausführliche Erläuterung erfolgt unter Kapitel 3.5).

Auch die Erfassung unterschiedlicher Modalitäten spielt insgesamt eine Rolle. Im Rahmen der Arbeit war der Schwerpunkt bei allen Studien auf der Herzwahrnehmung. Fraglich wäre, inwieweit Zusammenhänge mit anderen Modalitäten vorherrschen. Bisherige Studien konnten nur geringe oder keine Zusammenhänge nachweisen (z. B. Ferentzi et al., 2018; Ferentzi et al., 2019; Garfinkel, Manassei et al., 2016; Herbert, Muth et al., 2012; Nicholson et al., 2019; Pollatos, Herbert, Mai et al., 2016; van Dyck et al., 2016). Auch in unserer Arbeitsgruppe existieren Daten von unterschiedlichen Modalitäten; erste Ergebnisanalysen zeigen, dass – wie bei den bereits benannten Studien – geringe oder keine Zusammenhänge für kardiovaskuläre, gastrointestinale und respiratorische Signale nachgewiesen werden können. Demzufolge lässt sich schlussfolgern, dass die einzelne Maße distinkte Konstrukte darstellen. Nichtsdestotrotz wäre es sicherlich für zukünftige Studien interessant, auch andere Modalitäten zu erfassen – beispielsweise bei Studien (vgl. **Studie IV**), die sich mit dem Einfluss achtsamkeitsbasierter Maße auseinandersetzen und deren Fokus überwiegend auf der Atmung liegt. Demnach wäre eine zusätzliche Erfassung der respiratorischen Akkuranz in diesem Kontext ebenso interessant.

3.3 Interozeptive Prozesse bei Patienten mit Anorexia nervosa und Zwangsstörungen

Die überwiegend beeinträchtigten interozeptiven Prozessen bei verschiedenen psychischen Störungsbildern wurden bereits in Kapitel 1.4.4 ausführlich beleuchtet. So zeigten sich basierend auf der vorgestellten Studienlage verminderte interozeptive Prozesse bei Essstörungen und Depression, und umgekehrt eine erhöhte Interozeption bei Zwangs- und Angststörungen. Gleichzeitig ließ sich festhalten, dass die verschiedenen Störungsbilder oftmals auch mit Defiziten in der Emotionswahrnehmung und -regulation einhergehen.

Im Rahmen von **Studie II** zeigte sich für Patientinnen mit Anorexia nervosa sowohl eine verminderte interozeptive Akkuranz als auch eine verringerte Sensibilität im Vergleich zu den gesunden Kontrollprobandinnen. Wie bereits beschrieben, gibt es hinsichtlich der genauen Wahrnehmung körperinterner Signale unterschiedliche Ausprägungen in dieser Patientengruppe verglichen mit gesunden Kontrollprobanden (z. B. Lutz et al., 2019; Pollatos et al., 2008; Richard et al., 2019). Insbesondere in der Arbeit von Richard et al. (2019) wurden verschiedene methodische Unterschiede diskutiert (z. B. Form der Anorexia nervosa, Therapie, Komorbiditäten). **Studie II** achtete sowohl auf die alleinige Inkludierung des restriktiven Typs der Anorexia nervosa (F50.00) als auch auf den alleinigen Einschluss von Patienten, die Teil des Therapieprogramms der Klinik Windach waren. Bezogen auf die Komorbiditäten, Medikamente als auch

bisherige Erkrankungsdauer ist es schwierig, eine Vereinheitlichung zu schaffen. Dass die Erkrankungsdauer entscheidend für die Regeneration sein kann, konnte in einer Studie mit bulimischen Patienten bestätigt werden (Reas, Williamson, Martin & Zucker, 2000). Demnach sollten in zukünftigen Studien mit einer größeren Stichprobe diese Faktoren zwingend im Rahmen statistischer Analysen Berücksichtigung finden. Auch im Kontext des Ergebnisvergleichs von **Studie II** mit den anderen Studien zur Untersuchung von interozeptiver Akkuranz bei Patienten mit Anorexia nervosa sollte neben den bereits benannten möglichen methodischen Unterschieden und Einflüssen noch einmal auf die Bedeutung der richtigen Instruktion bei dem Herzwahrnehmungstest aufmerksam gemacht werden (siehe bereits Kapitel 3.2). Diese Annahme lässt sich dadurch untermauern, dass bisherige Arbeiten aus der Arbeitsgruppe von Pollatos und Kollegen (Fischer et al., 2016; Pollatos et al., 2008; Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016) einheitliche Ergebnisse hinsichtlich einer verminderten interozeptiven Akkuranz bei Patientinnen mit Anorexia nervosa zeigten und die anderen Arbeitsgruppen keine oder gegensätzliche Ergebnisse fanden (z. B. Lutz et al., 2019; Richard et al., 2019). Nichtsdestotrotz können diese Unterschiede auch auf die bereits benannten methodischen Unterschiede zurückzuführen sein. Während hinsichtlich der interozeptiven Akkuranz gemischte Ergebnisse gefunden wurden, zeigten sich die Ergebnisse der interozeptiven Sensibilität mittels Fragebogenerhebung kongruent zu bisherigen Befunden (Fassino et al., 2004; Matsumoto et al., 2006; Pollatos et al., 2008). Zukünftige Studien sollten ebenso Sicherheitsratings für die Erfassung der interozeptiven Sensibilität einbeziehen und untersuchen, inwieweit die nicht signifikanten Ergebnisse in der Studie von Lutz et al. (2019) repliziert werden können.

Insgesamt lassen sich die gefundenen Ergebnisse aus **Studie II** auch mit den Annahmen des Predictive Coding-Modells in Einklang bringen. So beschrieben Friederich et al. (2010), dass die Unzufriedenheit mit dem eigenen Körper ein Kernmerkmal der Anorexia nervosa darstellt. Darüber hinaus postulierten diese, dass eine erhöhte Aktivität der Insula und des anterioren cingulären Cortex für veränderte interozeptive Prozesse sorgt, wobei nicht zu verachten werden sollte, dass beide Strukturen entscheidend für die Verarbeitung interozeptiver Prozesse sind (Seth et al., 2012). Aufgrund dieser gestörten Verarbeitung und beispielsweise der fehlenden Wahrnehmung von Hunger und Sättigung sowie einer fehlenden adäquaten Reaktion darauf, kann der homöstatische Zustand des Körpers nicht erreicht werden, sodass der Prediction Error aufrechterhalten bleibt, ein Ungleichgewicht entsteht und somit die Entwicklung sowie Aufrechterhaltung der entsprechenden Störung bestehen bleibt (Quadt et al., 2018). Die Studie von Pollatos, Herbert, Berberich et al. (2016) zeigte ebenso, dass Patienten mit Anorexia nervosa

vermeiden, den Fokus auf sich beziehungsweise die eigene Person zu legen und während der Betrachtung des Bildes der eigenen Person eine geringere interozeptive Akkuranz aufweisen. Gegensätzlich kam es zu einer deutlich erhöhten Akkuranz bei der Betrachtung eines Bildes einer anderen Person. Im Vergleich zeigten gesunde Kontrollen eher eine bessere interozeptive Akkuranz während der Selbstfokussierung und eine geringere Akkuranzleistung während der Betrachtung eines Bildes einer anderen Person (Ainley et al., 2012).

Basierend auf den Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass Patienten mit Anorexia nervosa nicht nur Probleme haben zwischen Hunger und Sättigung zu differenzieren, sondern generell Schwierigkeiten bei der Wahrnehmung interozeptiver Signale zeigen. Ebenso lässt sich die verminderte Emotionswahrnehmung sowie -regulation, die erhöhte Alexithymie-Ausprägung und die Unzufriedenheit mit dem eigenen Körper in verschiedenen Essstörungen als möglicher Faktor für die Entwicklung und Aufrechterhaltung dieses Störungsbildes diskutieren (z. B. Berthoz, Perdereau, Godart, Corcos & Haviland, 2007; Corcos et al., 2000; Trautmann, Worthy & Lokken, 2007).

Wie bei **Studie II** wurde ebenso und hypothesenkonform eine signifikant verminderte interozeptive Akkuranz bei einer weiteren klinischen Stichprobe, welche die Diagnose der Zwangsstörung innehatte, nachgewiesen. Dies passt etwa zu Befunden, die zeigten, dass Patienten mit einer Zwangsstörung weniger auf internale Signale und Gefühle vertrauen und im Gegensatz dazu eher externale Indikatoren nutzen, um Hinweise für ihren Zustand oder ihren Körper zu finden (Lazarov et al., 2010; Lazarov et al., 2014; Shapiro et al., 2005). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stehen im Gegensatz zu der Arbeit von Yoris et al. (2017), was auf verschiedene Gründen zurückgeführt werden kann. Wie bereits beschrieben, verwendeten diese ein anderes Erhebungsinstrument für die kardiale Wahrnehmung. In deren Task mussten die Probanden versuchen, möglichst synchron mit dem Finger zu ihrem Herzschlag zu tippen. In der verwendeten Tapping-Aufgabe von Yoris et al. (2017) liegt der Fokus somit sowohl auf internalen Signalen (= Wahrnehmung des Herzschlags) als auch auf externalen Signalen (= synchron zu dem eigenen Herzschlag oder zu einer Audiodatei (Kontrollbedingung) tappen). Aufgrund dieser unterschiedlichen Erfassungen ist die Vergleichbarkeit der beiden Studien eingeschränkt. Andere Ursachen könnten in der Stichprobenzusammensetzung liegen, beispielsweise aufgrund des Einflusses verschiedener Formen der Zwangsstörung (Verteilung von Zwangsgedanken und -handlungen oder beider in gemischter Form), Komorbiditäten (vorrangig Depressionen und Angst), Medikamenten, bisherige Erkrankungsdauer sowie (bisherige)

Behandlungsformen (stationäre/ambulante Behandlungen). Hinsichtlich der Alters- und Geschlechterverteilung waren beide Studien nahezu ähnlich, sodass diese Einflüsse ausgeschlossen werden können.

Die Studienergebnisse können auch hier wieder anhand des Predictive Coding-Modells erläutert werden, wobei berücksichtigt werden sollte, dass es sich lediglich um theoretische Annahmen der Autoren des Papers handelt (Schultchen, Zaudig et al., 2019). Demnach haben Zwangspatienten sich aufdrängende Gedanken („Ich habe die Türklinke angefasst, und diese könnte verschmutzt sein“), welche zu einer neutralisierenden Handlung (Händewaschen) motivieren, oft verbunden mit einem Gefühl der Erregung (hier der Angst, ob man sich ernsthaft mit Bakterien/Viren infizieren könnte, wenn die Handlung nicht ausgeführt wird), wobei gegen diesen Drang typischerweise angekämpft wird. Basierend auf dieser Abfolge wären interozeptive Signale eher mit Misstrauen und Angst besetzt, was dazu führt, dass die Priors, die sich auf den eigenen Körper beziehen, als nicht reliabel interpretiert werden. Kommt es zu Unstimmigkeiten im System, wird ein solcher Prediction Error vor allem durch eine Aufmerksamkeitslenkung auf andere Signale aus der Umwelt adressiert.

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass interozeptive Prozesse bei verschiedenen Störungen beeinträchtigt sind. Hierzu zählen neben den benannten unter anderem auch Patienten mit somatoformen Störungen (Pollatos et al., 2011; Schaefer et al., 2012; Weiss et al., 2014), Autisten (u. a. DuBois, Ameis, Lai, Casanova & Desarkar, 2016; Garfinkel, Tiley et al., 2016; Palser, Fotopoulou, Pellicano & Kilner, 2018; Schauder, Mash, Bryant & Cascio, 2015), Patienten mit Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörungen (Kutscheidt et al., 2019) und Tourette-Syndrom (Rae, Larsson, Garfinkel & Critchley, 2019). Wie beschrieben, spiegelt sich die Bedeutung der interozeptiven Fähigkeiten in verschiedenen Störungsbildern wider und unterstreicht den Zusammenhang zu Emotionen. Aus den überwiegenden Nachweisen, dass interozeptive Prozesse in den verschiedenen klinischen Stichproben vermindert sind, kann abgeleitet werden, dass verschiedene Ansätze erforderlich sind, um diese zu verbessern. Darüber hinaus müssen zukünftige Studien elaborieren, inwieweit sich eine geringe Interozeptionsfähigkeit aufgrund der psychischen Störung entwickelt oder diese durch verminderte Interozeptionsfähigkeiten entsteht.

3.4 Veränderung interozeptiver Prozesse im präventiven und therapeutischen Kontext

Die überwiegend positiven Effekte auf interozeptive Prozesse durch verschiedene selbst- und körperfokussierte Verfahren wurden bereits in Kapitel 1.5 ausführlich dargestellt. Während **Studie II** und **III** den Einfluss einer kognitiv-behavioralen Therapie untersuchten, setzte sich **Studie IV** mit den Effekten eines achtwöchigen Body Scan-Trainings auseinander.

Bei **Studie II** konnte ein deskriptiver Trend für die Verbesserung interozeptiver Prozesse in einer anorektischen Stichprobe aufgezeigt werden. Bisher gibt es keine Studie, die die Veränderung von interozeptiver Akkuranz im Therapieverlauf bei Patienten mit Anorexia nervosa untersucht hat. Hinsichtlich der interozeptiven Sensibilität stimmen die Ergebnisse aus **Studie II** mit denen von Matsumoto et al. (2006) überein. Anhand der Ergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass es Tendenzen für eine Verbesserung gibt, aber es zu keiner vollständigen Regeneration kommt, sodass die verminderte Wahrnehmungsleistung kardiovaskulärer Signale als Risikofaktor für Rückfälle in dieser Stichprobe gilt. Dies würde auch mit den Interpretationen von Klabunde, Acheson, Boutelle, Matthews und Kaye (2013) übereinstimmen, die ebenso Defizite in der interozeptiven Akkuranz nach der Therapie bei Patienten mit Bulimia nervosa fanden. Demnach galten Patienten mit weiterhin defizitär ausgeprägten interozeptiven Prozessen als besonders anfällig für Rückfälle. Dass sich die interozeptiven Prozesse nach einer Rehabilitation der Anorexia nervosa wieder auf ein vergleichbares Niveau mit denen von gesunden Kontrollprobanden ($n = 4$) bewegten, konnte in der Fallstudie von Di Lernia et al. (2018) gezeigt werden. Entsprechende Ergebnisse sollten in einer größeren Stichprobe repliziert werden, um die Generalisierbarkeit dieser Ergebnisse zu unterstreichen.

Gleichzeitig lässt sich anhand der gefundenen Ergebnisse aus **Studie II** ableiten, dass es spezifische Maßnahmen zur Verbesserung interozeptiver Prozesse geben sollte, welche auch effektiv für diese Patientengruppe sind. Hierbei könnten achtsamkeitsbasierte Verfahren oder Biofeedbackmethoden eingesetzt werden (siehe Kapitel 1.5). Wie bereits beschrieben, muss bei anorektischen Patienten beachtet werden, dass bestimmte selbstfokussierte Methoden eher zu einer verminderten interozeptiven Akkuranz in dieser Patientengruppe (Pollatos, Herbert, Berberich et al., 2016) führen und diese somit nicht als Maßnahmen zur Verbesserung interozeptiver Prozesse genutzt werden können.

Im Gegensatz zu **Studie II** wurde in **Studie III** keine Veränderung von interozeptiver Akkuranz bei Zwangspatienten in einer kognitiv-behavioralen Therapie nachgewiesen. Gleichzeitig ist es die erste Studie, die Veränderungsprozesse im Therapieverlauf bei dieser Patientenstichprobe untersucht. Wie in **Studie II** erfolgt auch hier erneut die Schlussfolgerung, dass die Defizite bezüglich der Genauigkeit der Wahrnehmung körperinterner Signale als Risikofaktor für den Alltag außerhalb der Klinik/Therapie gelten, insbesondere im Hinblick auf entsprechende Regulationsstrategien. Ebenso ist es auch hier als kritisch zu werten, dass der Fokus einer kognitiv-behavioralen Therapie nicht auf der Förderung interozeptiver Prozesse liegt, sodass – ähnlich wie in **Studie II –** selbst- und körperfokussierte Verfahren als wesentliche Bestandteile zur Verbesserung dieser Prozesse betrachtet werden sollten. Basierend auf den Studien von Lazarov und Kollegen (2010; 2014) wäre auch eine Integration eines Biofeedbacks in die Intervention denkbar. Die Ergebnisse zeigen, dass Zwangspatienten externale Reize nutzen, um einen erfolgreichen Abgleich mit ihren Körpersignalen herzustellen. Demnach könnte die Biofeedbackmethode gut in eine spezifische Therapie integriert werden, sodass Zwangspatienten lernen, wieder vermehrt internale Signale wahrzunehmen und diesen wieder mehr zu vertrauen.

Nachdem die beiden Interventionsansätze im Therapiekontext präsentiert wurden, soll nachfolgend anhand von **Studie IV** der präventive Ansatz zur Effektivität eines achtwöchigen Body Scan-Trainings in einer gesunden Stichprobe diskutiert werden. Während in dem ersten Teil der Studie nur deskriptive Trends im Vergleich zu der aktiven Kontrollgruppe gefunden wurden, zeigte sich im zweiten Teil der Studie eine signifikante Verbesserung der interozeptiven Akkuranz und Sensibilität (= Sicherheitsrating) verglichen mit der inaktiven Kontrollgruppe. Insgesamt konnte somit nachgewiesen werden, dass ein achtwöchiges Body Scan-Training und somit die erhöhte Aufmerksamkeit auf den Körper zu einer besseren Wahrnehmung körperinterner Signale führt. Wie bereits beschrieben, wurden unter Einsatz verschiedener selbst- und körperfokussierten Maßnahmen (z. B. erhöhter Selbstfokus durch Spiegel, Biofeedback oder Power-Posen) Kurzzeiteffekte auf die interozeptive Akkuranz nachgewiesen (u. a. Ainley et al., 2012; Ainley et al., 2013; Meyerholz et al., 2019; Weineck et al., 2019). Infolge längerer Interventionen wurden solche Effekte nur bei einer Dauer über mehrere Monate belegt (Bornemann & Singer, 2017), nicht jedoch bei einer achtsamkeitsbasierten Intervention mit einer Dauer von einer oder drei Wochen (Parkin et al., 2014; Walsh et al., 2019). Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen aus **Studie IV**, bei denen eine größere Veränderung der interozeptiven Akkuranz eher im Vergleich von T1 und T3 sowie T2 und T3, also nach insgesamt acht Wochen beziehungsweise nach mindestens vier Wochen Training zu verzeichnen war, während diese noch

nicht zwischen T1 und T2 sichtbar wurde. Untermauert werden können diese Ergebnisse zusätzlich von einer bisher noch nicht publizierten Studie unserer Arbeitsgruppe, die zeigt, dass ein zusätzliches achtsamkeitsbasiertes Training mit einer Dauer von lediglich 4 Wochen neben der kognitiv-behavioralen Therapie keinen größeren Effekt als eine bloße kognitiv-behaviorale Therapie hat (Karanassios, Schultchen, Moehrle, Berberich & Pollatos, in preparation).

Im Gegensatz dazu ist die Befundlage bezüglich der interozeptiven Sensibilität relativ eindeutig und zeigte überwiegend eine Verbesserung durch verschiedene achtsamkeitsbasierte Interventionen sowie Floating (Beschreibung auf S. 33, Kapitel 1.5) in gesunden und klinischen Stichproben (u. a. Bornemann & Singer, 2017; Feinstein et al., 2018; Fissler et al., 2016; Kok & Singer, 2017; Price et al., 2018). Wie bei der interozeptiven Akkuranz zeigten sich in **Studie IV** die Veränderungen der Sensibilität (= Sicherheitsrating) besonders im Vergleich zwischen T1 und T3 sowie T2 und T3. Diese Befunde sind übereinstimmend mit den von Parkin et al. (2014), in dessen Studie keine Veränderung der interozeptiven Sensibilität bei der einwöchigen Body Scan-Intervention gefunden wurde, jedoch bei den längeren achtsamkeitsbasierten Interventionsansätzen. Unterstrichen werden können die Ergebnisse weiterhin aufgrund der Studien von Nielsen und Kaszniak (2006) sowie Melloni et al. (2013), die herausfanden, dass sich Meditationsexperten in der Wahrnehmung körperinterner Signale sicherer als Novizen fühlten. Für die interozeptive Sensibilität – erfasst über die Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2 – zeigten sich keine signifikanten Veränderungen, wobei hier der Einsatz des Fragebogens im Nachhinein zu kritisieren ist, da dieser vorrangig auf Probleme im Essverhalten abzielt. Bisherige Studien zur Untersuchung der interozeptiven Sensibilität nutzten vorrangig den MAIA (Bornemann et al., 2014; de Jong et al., 2016; Feinstein et al., 2018; Fissler et al., 2016; Price et al., 2018), während Garfinkel et al. (2015) die Subskala „Bewusstsein“ des Fragebogens zur Körperwahrnehmung für die Erfassung der interozeptiven Sensibilität vorschlagen. Entsprechende Vor- und Nachteile der jeweiligen Fragebögen wurden bereits in Kapitel 3.2 diskutiert und sollen hier nicht weiter aufgegriffen werden, jedoch bleibt festzuhalten, dass beide Fragebögen mit gewissen Kritikpunkten verbunden sind und demnach eine Entwicklung eines weiteren Fragebogens zur interozeptiven Sensibilität von Vorteil sein könnte.

Eine eher allgemeine Schlussfolgerung basierend auf den vorliegenden Studien und der aktuellen Studienlage in diesem Kontext ist, dass interozeptive Prozesse über die Zeit hinweg bei der Wahl des richtigen Ansatzes veränderbar sind. Anhand der verschiedenen Befunde lässt sich zudem herleiten, dass zukünftig entwickelte Interventionen eine Mindestdauer von mehr als

vier Wochen aufweisen sollten. Da verschiedene Ansätze (z. B. Achtsamkeitsverfahren, Selbstregulation, Power-Posen, selbstfokussierte Verfahren) zu einer Verbesserung interozeptiver Prozesse geführt haben, wäre eine Kombination dieser in einer weiteren Studie ebenso denkbar. Aufgrund des negativen Zusammenhangs von interozeptiver Akkuranz und chronischem Stress in **Studie I** wäre zugleich ein Einbezug verschiedener Stressinterventionsmaßnahmen (z. B. Genusstraining) in die Planung der Intervention zu überlegen. Die Annahme, dass eine solche Verbindung verschiedener Ansätze auf Resonanz stoßen würde, basiert unter anderem auf Evaluationen mit Versuchsteilnehmern aus **Studie IV**. So berichteten diese anekdotisch, dass es zwar im Verlauf der Interventionszeit zur Gewohnheit geworden sei, den Body Scan täglich anzuhören, aber auch gleichzeitig eine gewisse Monotonie vorherrschte. Diese vermutete Monotonie kann ebenfalls eine weitere Erklärung für den fehlenden Interaktionseffekt in der ersten Teilstudie sein. Kritisch muss hierbei die Wahl eines Hörbuches als Kontrollbedingung diskutiert werden, insbesondere da einige Kontrollprobanden auch hier anekdotisch berichteten, dass das Hörbuch sehr spannend gewesen sei und sie diese Aufgabe auch als „Auszeit“ für sich empfunden haben. Es lässt sich also vermuten, dass auch durch das Hörbuch ein gewisser Selbstfokus gesetzt wurde. Hierbei ist anzumerken, dass diese Aspekte nur anhand von Eindrücken aus Gesprächen mit den Versuchspersonen geschlussfolgert werden konnte und keinerlei Aufzeichnungen dafür vorliegen.

3.5 Stärken und Schwächen der eigenen empirischen Arbeiten

Nachfolgend sollen verschiedene Stärken und Schwächen der Studien diskutiert werden. Beginnend mit den Stärken lässt sich festhalten, dass die vorliegende Dissertation zum einen Selbstberichtsmaße – überwiegend in Form von Fragebögen – enthält, und zum anderen diese auch entsprechend durch psychophysiologische Parameter ergänzt wurden. So werden beispielsweise in **Studie I** einerseits Fragebögen zum Stresserleben (TICS-SSCS; SCI) verwendet und gleichzeitig psychophysiologische Parameter wie Cortisol, DHEA und das Verhältnis beider berücksichtigt. Zu den psychophysiologischen Parametern kann ebenso die interozeptive Akkuranz – erfasst über den Herzwahrnehmungstest – gezählt werden, welche Bestandteil aller Studien war. Auf subjektiver Ebene (= interozeptive Sensibilität) wurde die Erfassung der Interozeption in **Studie II** und **IV** durch die Subskala des Eating Disorder Inventory-2 ergänzt sowie in **Studie IV** mittels des Sicherheitsratings.

Darüber hinaus gibt es bisher kaum Arbeiten, die den alleinigen Einfluss einer kognitiv-behavioralen Therapie und deren Einfluss auf interozeptive Prozesse untersuchte, soass dieser Ansatz als innovativ und mit potentiell großer Bedeutung für den therapeutischen Kontext gewertet werden kann. Weiterhin wurden Ansätze der Veränderung im präventiven (**Studie IV**) und therapeutischen Kontext (**Studie II, III**) berücksichtigt, wobei zu betonen bleibt, dass sowohl die kognitive-behaviorale Therapie als auch der Body Scan standardisierte Interventionen darstellen.

Weiterhin gilt es hervorzuheben, dass in **Studie I** und **IV** gesunde Stichproben untersucht wurden, während in **Studie II** und **III** klinische Stichproben (Anorexia nervosa und Zwangsstörungen) im Fokus standen. Insbesondere in **Studie II** und **III** sei herauszustellen, dass die Teilnehmer der Interventions- und Kontrollgruppe hinsichtlich des Alters paarweise zugeordnet wurden. Bezüglich der **Studie III** erfolgte darüber hinaus eine Zuordnung nach Geschlecht und Bildungshintergrund. Als letzte Stärke sei zu nennen, dass für **Studie IV** mobile Daten über eine Smartphone-Erfassung erhoben wurden, welches es den Versuchsleitern erlaubte, die aufwendige Durchführung zu kontrollieren und sicher zu der hohen Motivation der Interventionsgruppe beigetragen hat.

Sowohl als Stärke aber auch als Schwäche in den unterschiedlichen Studien kann die Berücksichtigung verschiedener interozeptiver Dimensionen (siehe Kapitel 1.2) interpretiert werden. Hervorzuheben ist, dass in **Studie II** und **IV** die interozeptive Akkuranz und die Sensbilität umfangreich berücksichtigt wurden, während **Studie I** und **III** lediglich die Akkuranzleistung betrachteten. Bisher wurde in den vorliegenden publizierten Arbeit nicht die von Garfinkel et al. (2015) definierte metakognitive Ebene beachtet. Auch neuere Dimensionen wie die emotionale Evaluation oder der Trait Interoception Prediction Error fanden bisher keine Berücksichtigung (z. B. Garfinkel, Tiley et al., 2016; Pollatos, Herbert, Mai et al., 2016; Rae et al., 2019).

Bezugnehmend auf die wichtigsten Einflussgrößen, welche für interozeptive Prozesse diskutiert werden, erfolgt auch hier eine Einordnung in den Stärken-Schwächen Teil, da diese nur teilweise Berücksichtigung fanden. Als Gründe für die fehlende Berücksichtigung aller möglicher Einflussfaktoren lassen sich die folgenden nennen: fehlende Power (**Studie II, III**), überwiegend oder nur weibliche Teilnehmer (**Studie II, IV**), zusätzliche Analyse nur in der Diskussion benannt (z. B. Einfluss durch BMI und Geschlecht in **Studie I**). In den **Studien II** und **III** wiesen die verschiedenen Versuchspersonen neben der Hauptdiagnose Anorexia nervosa oder

einer Zwangsstörung ebenso Komorbiditäten (u. a. Depression und Angststörung) auf, welche einen Einfluss auf die Ergebnisse haben könnten (z. B. Domschke et al., 2010; Eggart et al., 2019; Pollatos et al., 2009). Ausgehend von eigenen Überlegungen und basierend auf der geringen statistischen Power fanden diese keine Berücksichtigung. Als Ausnahme sei hier nur die **Studie III** zu nennen. Aufgrund des Kommentars eines Reviewers in dieser Studie erfolgte trotz der geringen statistischen Power eine Kovarianzanalyse hinsichtlich des Einflusses der Depressions- und Angstsymptomatik auf die Veränderung der interozeptiven Akkuranz. Hierbei wurde kein Einfluss nachgewiesen. Die Ergebnisse bezüglich der Veränderung der depressiven und der angstbezogenen Symptomatik sowie der interozeptiven Akkuranz wurden nicht durch die Einnahme von Medikamenten beeinflusst. Nichtsdestotrotz fanden auch noch andere Einflüsse Berücksichtigung. Demnach wurden die gesunden Versuchspersonen (**Studie I, IV**) sowie die paarweise zugeordneten gesunden Kontrollpersonen (**Studie II, III**) ausgeschlossen, wenn bei ihnen eine somatische oder psychische Störung vorlag oder sie Medikamente (Ausnahme: Antikonzeptiva) zum aktuellen Zeitpunkt einnahmen. Wie bereits erwähnt, wäre es sinnvoll in zukünftigen Studien ein Protokoll verschiedener Einflussgrößen in die Untersuchungen einfließen zu lassen, um diese umfangreich zu elaborieren.

Als ein weiteres Stärken-/Schwächen-Merkmal hinsichtlich **Studie IV** bleibt festzuhalten, dass die Versuchsteilnehmer den Body Scan leicht von zu Hause durchführen konnten und über die Smartphone-Abfrage versucht wurde, zu kontrollieren, inwieweit die Teilnehmer den Body Scan regelmäßig durchführten. Gleichzeitig gibt es natürlich trotzdem keine Garantie dafür, dass die Probanden den Body Scan wirklich mit entsprechender Konzentration oder mit guten Rahmenbedingungen umsetzten.

Als Schwäche – insbesondere in den Interventionsstudien (**Studie II, III und IV**) – ist die geringe Teilnehmerzahl zu nennen, welche den Einbezug verschiedener Einflussgrößen erschwerte. Insgesamt sei jedoch festzuhalten, dass sich die Probanden- und Patientenrekrutierung als sehr aufwendig und langwierig in diesen Studien gestaltete, was für viele klinische Studien ebenso wie für über mehrere Wochen dauernde Interventionen gekoppelt mit mehreren Laboruntersuchungen ein häufiges Problem darstellt. Weiterhin ist überwiegend in **Studie II** und **IV** die hohe Anzahl an weiblichen Teilnehmerinnen zu kritisieren, was die Generalisierbarkeit einschränkt. Insbesondere mit Blick auf die Altersspanne aller Studien zeigt sich, dass diese überwiegend zwischen 20 und 35 Jahren lag, sodass zukünftige Studien auch für die Generalisierbarkeit der Studienergebnisse höhere Altersgruppen einschließen sollten.

Anzumerken bleibt auch, dass vor der Auswahl eines Fragebogens zur Erfassung der Interozeption möglichst genau anhand des Untersuchungsziels eine Auswahl getroffen werden sollte. Wie bereits beschrieben, würde bei einer erneuten Durchführung einer Studie die Subskala „Interozeptive Wahrnehmung“ des Eating Disorder Inventory-2 nicht noch einmal zur Erfassung der interozeptiven Sensibilität in einer gesunden Stichprobe und ohne Bezug einer Essstörung berücksichtigt werden (siehe **Studie IV**). Zusätzlich lässt sich für **Studie IV** festhalten, dass der Body Scan eine höhere Fokussierung auf die Atmung anstrebt. Demnach sollte für zukünftige Studien diskutiert werden, inwieweit eine Erfassung der interozeptiven Akkuranz über respiratorische Signale sinnvoller wäre.

Bezüglich der möglichen methodischen Schwächen ist auch der Einsatz der Polaruhr zu diskutieren, da dieses für den mobilen Einsatz optimale Gerät keine Echtzeitdarstellung der Herzschläge ermöglicht und ebenso nur erschwert eine zusätzliche Erfassung der Atmung als Kontrollindikator zulässt. Entsprechende kardiovaskuläre Parameter können vom Versuchsleiter erst im Nachhinein eingesehen werden, was die Identifikation von Fehlern (z. B. Bewegungsartefakte) erschwert. Nichtsdestotrotz liegen die hauptsächlichen Gründe für die Nutzung der Polaruhr in **Studie I** bis **III** darin, dass sie leicht transportabel und damit außerhalb des Labors eingesetzt werden kann und verschiedene Studien die Validität und Reliabilität im Vergleich zu einem stationären Elektrokardiogramm nachweisen konnten (z. B. Kingsley, Lewis & Marson, 2005; Nunan et al., 2008).

3.6 Zukünftige Studien und Ausblick

Anhand der Studienergebnisse sowie der Stärken und Schwächen dieser Dissertation lassen sich verschiedene Richtungen für die zukünftige Forschung sowie die Etablierung in die Praxis ableiten, welche nachfolgend beschrieben werden. Anzumerken bleibt, dass in den Kapiteln zuvor bereits erste Ideen aufgezeigt wurden, welche in diesem Kapitel entsprechend kurz aufgegriffen werden.

Insgesamt sollten insbesondere die Untersuchungen der **Studie I** und **IV** durch eine breitere Stichprobenvielfalt ergänzt werden. Hierbei gilt es nicht nur Variation hinsichtlich des Alters und Geschlechts zu schaffen, sondern ebenso Personen einzubeziehen, die ein besonders hohes Stresslevel haben (z. B. Langzeitarbeitslose oder chronische Schmerzpatienten; Dettenborn, Tietze, Bruckner & Kirschbaum, 2010; van Uum et al., 2008). Beispielsweise könnte hier spezifischer aufgezeigt werden, inwieweit eine solche Population von einer achtsamkeitsbasierten

Intervention profitiert und hierbei noch einmal der Zusammenhang zwischen interozeptiven Prozessen und chronischem Stress spezifiziert werden. Neben der Studie zum Body Scan und der Veränderung interozeptiver Prozesse (**Studie IV**), wurde auch ein weiterer Teilartikel zu dieser Studie veröffentlicht, der separat den Einfluss des Body Scans und Stress untersuchte (Schultchen, Messner, Karabatsiakis, Schillings & Pollatos, 2019). Hierbei wurde bereits gezeigt, dass insbesondere die verwendeten psychophysiologischen Stressparameter (identisch zu **Studie I**) durch ein achtwöchiges Body Scan-Training eine Verbesserung erfahren, während die Fragebogendaten des TICS-SSCS eine Abnahme des chronischen Stresses aufzeigten, welche jedoch in beiden Gruppen (Body Scan und Hörbuch) nachgewiesen wurde. Zukünftige Studien könnten basierend auf einer selektierten Stichprobe mit einem hohen Stresslevel evaluieren, inwieweit besonders Individuen mit einem hohen Stresslevel von dem Body Scan hinsichtlich interozeptiver Prozesse profitieren und inwieweit die Versuchsteilnehmer hinsichtlich des Stresslevels profitieren, die eine höhere Verbesserung bezogen auf die interozeptiven Prozesse zeigen. Ebenso könnte eine solche Studie auf eine Stichprobe mit einer verminderten Interozeption (z. B. Stichprobe mit depressiven Patienten oder Patienten mit Anorexia nervosa) übertragen werden und elaboriert werden, inwieweit eine Verbesserung der interozeptiven Prozesse durch den Body Scan ebenso zu einer Verbesserung des Stresslevels führt. Der Body Scan könnte hierbei natürlich auch durch andere Interventionen ersetzt werden. Eine ausführliche Erläuterung möglicher Ansätze erfolgt im späteren Verlauf dieses Kapitels.

Um eine spezifischere Evaluierung interozeptiver Prozesse anzustreben, könnte auch die vorgeschlagene Dimension „Aufmerksameit hinsichtlich interozeptiver Signale“ von Murphy et al. (2019) mittels Verwendung der Experience-Sampling-Methode untersucht werden. Bisher gibt es nur die Studie von Kok und Singer (2017), die anhand von Echtzeitdaten eine solche Untersuchung im Kontext der Interozeptionsforschung umsetzte. Mit einem Blick auf die aktuelle Forschung zeigt sich jedoch, dass diese Methode immer mehr Anwendung findet (z. B. Reichenberger et al., 2018; Schultchen, Reichenberger et al., 2019), insbesondere da diese aufschlussreichere Daten hinsichtlich der Veränderung liefert, intra- und interindividuelle Unterschiede spezifischer untersucht und aufgrund der Ausführung am eigenen Smartphone die Motivation gefördert wird (z .B. Kanning, Ebner-Priemer & Schlicht, 2013). Im Rahmen von **Studie IV** wurde eine ähnliche Untersuchung bereits durchgeführt, wobei hierbei der Fokus auf der emotionalen Evaluation lag und nachgewiesen werden konnte, dass Probanden, die besser dem Body Scan folgten, eine signifikante Verbesserung hinsichtlich ihrer Valenz und ihrer Gelassenheit zeigten (Schultchen, Mittl, Messner, Rottweiler & Pollatos, in preparation). Dies

konnte nicht für die Aufmerksamkeit und das Arousallevel nachgewiesen werden. Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass eine Übertragung ebenso auf die Erfassung der interozeptiven Sensibilität – wie in der Studie von Kok und Singer (2017) – denkbar wäre.

Bisher fanden in **Studie I** bis **IV** weitere neuere interozeptive Dimensionen keine Beachtung, deren Einschluss in zukünftigen Studien angestrebt werden sollte. Hierzu zählen die metakognitive Ebene der Interozeption (Garfinkel et al., 2015), die emotionale Evaluation (Pollatos & Fischer, 2018; Pollatos & Herbert, 2018) und der Trait Interoception Prediction Error (Garfinkel, Tiley et al., 2016; Rae et al., 2019). Gleichzeitig wäre es auch interessant, in einer Studie mit Achtsamkeitselementen und einem erhöhten Fokus dieser auf der Atmung, die respiratorische Akkuranz zu untersuchen. Weiterhin wäre in Populationen mit Essstörungen auch der Einsatz von Methoden bezüglich des Magen-Darm-Systems – wie etwa der sogenannte Water Load Test – von Interesse. Der Water-Load Test bringt jedoch auch andere methodische Probleme mit sich, wie beispielsweise die nach Protokoll nur im nüchternen Zustand empfohlene Messung sowie das Problem fehlender Mehrfachmessungen, weshalb dieser Test hier nicht zum Einsatz kam.

Insbesondere mit Blick auf **Studie II** und **III** und auf weitere Studien im Kontext psychischer Störungen werden in Zukunft Studien benötigt, welche ein Längsschnitt-Design verwenden. Basierend auf solchen Untersuchungen kann ein Verständnis entwickelt werden, inwieweit psychische Störungen zu einer gestörten Interozeption führen oder eine verminderte Interozeption in einer höheren Vulnerabilität gegenüber psychischen Störungen mündet. Darüber hinaus werden ebenso Langzeitstudien im klinischen Kontext benötigt, welche die Rolle interozeptiver Prozesse etwa im Kontext von klinischer Verschlechterung beleuchten. Die Entwicklung und Evaluation spezieller Interventionsmöglichkeiten zur Förderung interozeptiver Prozesse stellt einen wichtigen zukünftigen Forschungsaspekt dar. Wie bereits ebenso erwähnt, wäre hier eine Kombination verschiedener Ansätze denkbar, deren Wirksamkeit bisher nachgewiesen werden konnte. Dazu zählen der Body Scan (Fischer, Messner & Pollatos, 2017), Power-Posen (Weineck et al., 2019), selbstfokussierte Maßnahmen (Ainley et al., 2012; Ainley et al., 2013) und spezifische Herzwahrnehmungstrainings (Meyerholz et al., 2019; Schaefer et al., 2012). Dass eine entsprechende Kombination sinnvoll ist, konnte bereits in dem ReSource Project durch ein 11-monatiges mentales Training mit verschiedenen Schwerpunkten (Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, emotionales Erleben und Sozialverhalten) unter der Leitung von Singer gezeigt werden (Bornemann et al., 2014; Bornemann & Singer, 2017; Kok & Singer, 2017).

Darauf aufbauend und im Hinblick auf die aktuellen Studienergebnisse stellen auch online-basierte Trainings sowie Apps einen interessanten Ansatzpunkt da. Hierbei lässt sich anmerken, dass in Kooperation mit der Abteilung Klinische Psychologie und Psychotherapie der Universität Ulm (Leitung: Prof. Dr. Harald Baumeister) aktuell auch viele Ansatzpunkte geschaffen werden, um den voranschreitenden Digitalisierungsprozess zu berücksichtigen. So entstand eine Weiterentwicklung des Projektes „StudiCare Mindfulness“ (siehe übermittelte Studienprotokolle: Küchler et al., under review; Schultchen et al., under review), welches die Förderung der mentalen Gesundheit bei Studierenden mittels online-basierten Achtsamkeitstrainings anstrebt. Teile der Interventionen sind anhand von insgesamt sieben Modulen breit aufgestellt und beinhalten beispielsweise folgende Schwerpunkte: Body Scan, achtsame Aktivitäten (z. B. Spaziergang, Genusstraining), verschiedene Meditationen, selbstfokussierte Maßnahmen, Training der Herzwahrnehmung, stressreduzierende Maßnahmen durch mentales Training und Analyse vorhandener stressinduzierter Denkmuster sowie achtsames Yoga. Positiv hervorzuheben in dieser Studie ist, dass die Teilnehmer auch einen E-Coach gestellt bekommen, den sie bei Fragen oder Problemen kontaktieren können und der sich aber ebenso wöchentlich an sie wendet, um ihnen Feedback zu den ausgeführten Aufgaben zu geben. Weiterhin erfolgt eine Langzeiterfassung mittels verschiedener Fragebögen und psychophysiologischer Parameter durch die Prä- und Posttestung sowie einer Follow-up-Erhebung nach sechs Monaten. Insbesondere im Forschungskontext der Interozeption fehlt es aktuell an solchen Follow-up-Erhebungen, um auch Erkenntnisse über die langfristige Effektivität solcher Trainings zu erhalten. Bisher gibt es ebenso keine Studien im Kontext von Onlinetrainings, die eine Kombination von Selbstberichtsmaßen und psychophysiologischen Parametern (speziell der Interozeption) hinsichtlich der Erhebung inkludiert.

Auch bezüglich Apps gibt es bisher nur eine Studie von Walsh et al. (2019), welche die Effektivität verschiedener Achtsamkeitsansätze auf die interozeptive Akkuranz über drei Wochen untersucht und keine Veränderung feststellen kann. Ähnlich wie bei dem Onlinetraining wäre auch hier eine Kombination verschiedener Ansätze in Zukunft denkbar. Wie bei dem online-basierten Achtsamkeitstraining ist die Arbeitsgruppe der Klinischen und Gesundheitspsychologie (Dana Schultchen, Dr. Matthias Messner, Prof. Dr. Dr. Olga Pollatos) auch hier aktiv und entwickelte in einem ersten Pilotprojekt in Kooperation mit der Abteilung Klinische Psychologie und Psychotherapie (Eva-Maria Messner und Prof. Dr. Harald Baumeister) eine App. Diese beinhaltet psychoedukative Schwerpunkte zur Achtsamkeit und zur Interozeption, den Body Scan sowie Power-Posen.

Des Weiteren wurde in Kapitel 1.4.3 bereits dargelegt, dass das Alter ebenso einen Einflussfaktor auf die Interozeption darstellt. Bisherige Studien zur Untersuchung verschiedener Interventionen fokussierten sich eher auf das frühe Erwachsenenalter (20 bis 40 Jahre). Gleichzeitig wäre es für ältere Menschen wichtig, über eine angemessene Interozeption zu verfügen. Diese Prägnanz lässt sich besonders an zwei Gründen hervorheben. Hierzu zählt, dass eine frühzeitige Wahrnehmung von Krankheitssymptomen von Bedeutung insbesondere für ältere Menschen ist und eine fehlende Interozeption sowie die ausbleibende Reaktion auf Bedürfnisse des Körpers zu Gesundheitsproblemen (z. B. durch Dehydrierung) führen kann (Murphy, Geary et al., 2018). Auch Ansätze im Kindesalter wären nutzenstiftend. So beschreiben Erhart, Ottová-Jordan und Raven-Sieberer (2014) in einem Buchkapitel zu Gesundheitsförderung und Prävention im Kindesalter, dass Präventionsmaßnahmen so früh wie möglich ansetzen sollten und dass das Kindesalter einen vielversprechenden Erfolgsfaktor darstellt. Bisherige Studien zu interozeptiven Prozessen im Kindesalter bezogen sich vor allem auf methodische Aspekte (Koch & Pollatos, 2014a, 2014b; Schaan et al., 2019), sodass Ansätze zu Veränderungen interozeptiver Prozesse eine aussichtsreiche Forschungslücke darstellen.

Entsprechende methodische Problematiken wurden bereits in Kapitel 3.2 diskutiert. Zusammenfassend hierzu lässt sich festhalten, dass es ein Standardprotokoll hinsichtlich der verschiedenen Einflussvariablen und eine Standardinstruktion für den Herzwahrnehmungstest für die zukünftige Forschung braucht. Insbesondere das Protokoll und die unterschiedlichen Erfassungsmöglichkeiten sollten in Form eines Reviews zusammengefasst sowie deren Vor- und Nachteile diskutiert werden, da es hierbei aktuell Unstimmigkeiten bezüglich des Einschlusses gibt. Wie bereits beschrieben, ist die Wahl eines geeigneten Fragebogens zur Erfassung der interozeptiven Sensibilität ebenso kritisch, sodass sich die weitere Forschung auch hiermit auseinandersetzen sollte. Gleichzeitig bleibt festzuhalten, dass auch weitere Fragebögen wie beispielsweise der Interoceptive Awareness Questionnaire (Bogaerts, Walentynowicz, van den Houte, Constantinou & van den Bergh, in preparation, zitiert nach Zamariola, Vlemincx, Corneille & Luminet, 2018) sowie die Interoceptive Accuracy Scale (Murphy et al., 2018, preprint) entwickelt und erprobt wurden beziehungsweise sich noch in der Entwicklungsphase befinden. Inwieweit diese für die Erfassung der interozeptiven Sensibilität geeignet sind, wird sich in Zukunft zeigen.

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass die weitere Forschung im Interozeptionsbereich verschiedene Schwerpunkte genauer elaborieren muss. Hierzu zählen methodische Ansätze (z. B. Einflussfaktoren, Fragebögen), statistische Analyse (z. B. Kovarianzanalysen oder Strukturgleichungsmodelle) sowie die Weiterentwicklung und Zusammenführung verschiedener Interventionsmaßnahmen (z. B. Kombination verschiedener Ansätze, online- und app-basierte Interventionen).

3.7 Ausblick

Basierend auf der vorliegenden Dissertation lässt sich ableiten, dass Interozeption ein elementarer Bestandteil für die Gesundheit sowie deren Förderung ist. Nur bei gezielter Wahrnehmung der körperinternen Signale gelingt eine adäquate Reaktion auf entsprechende Bedürfnisse. So konnte anhand der vorliegenden Studien dieser Zusammenhang unterstrichen werden, indem nachgewiesen wurde, dass eine höhere interozeptive Akkuranz mit einem geringeren chronischen Stresserleben einhergeht und dass interozeptive Prozesse bei Patienten mit Anorexia nervosa und Zwangsstörungen vermindert sind. Ebenso ließ sich belegen, dass interozeptive Prozesse veränderbar sind, wobei hierbei die Wahl des Ansatzes von Bedeutung ist. Denn während sich die interozeptiven Prozesse bei den anorektischen Patienten nur deskriptiv veränderten und keine Veränderung bei den Zwangspatienten während und nach einer kognitiv-behavioralen Therapie gefunden wurde, zeigte sich eine Verbesserung interozeptiver Prozesse durch den Body Scan in einer gesunden Stichprobe. Hinsichtlich des Einsatzes entsprechender Maßnahmen im klinischen Kontext scheint eine rein kognitiv-behaviorale Therapie aktuell nur von geringem Einfluss zu sein, sodass Therapien ebenso auf den Einsatz verschiedener Embodiment-Techniken sowie achtsamkeitsbasierte Ansätze achten sollten.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Förderung von Interozeption wichtig für den Kontext der Gesundheitsförderung und dabei die Wahl sowie die Dauer der Intervention entscheidend ist. Zukünftige Studien sollten hierbei den Fokus auf einen interdisziplinären Ansatz legen, um den Teilnehmern ein möglichst breites Repertoire zur Förderung der Interozeption bereitzustellen. Anhand dessen soll jeder Teilnehmer die Möglichkeit erhalten, für sich selbst zu entscheiden, welcher Ansatz für ihn geeignet ist. Gleichzeitig ist es ebenso von Bedeutung mit dem Digitalisierungsprozess mitzugehen und online- und/oder app-basierte Interventionen zu entwickeln.

Literaturverzeichnis

Ádám, G. (1998). *Visceral Perception: Understanding Internal Cognition*. New York: Plenum Press.

Ainley, V., Apps, M. A. J., Fotopoulou, A. & Tsakiris, M. (2016). 'Bodily precision': A predictive coding account of individual differences in interoceptive accuracy. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *371*(1708), 20160003. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0003

Ainley, V., Maister, L., Brokfeld, J., Farmer, H. & Tsakiris, M. (2013). More of myself: Manipulating interoceptive awareness by heightened attention to bodily and narrative aspects of the self. *Consciousness and Cognition*, *22*(4), 1231–1238. https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.08.004

Ainley, V., Tajadura-Jiménez, A., Fotopoulou, A. & Tsakiris, M. (2012). Looking into myself: Changes in interoceptive sensitivity during mirror self-observation. *Psychophysiology*, *49*(11), 1504–1508. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01468.x

Ainley, V., Tsakiris, M., Pollatos, O., Schulz, A., & Herbert, B. M. (submitted). Commentary on "Zamariola et al., (2018), Interoceptive Accuracy Scores are Problematic: Evidence from Simple Bivariate Correlations" - The Empirical Data Base, the Conceptual Reasoning and the Analysis behind this Statement are Misconceived and do not Support the Authors' Conclusions.

Allen, M. & Tsakiris, M. (2019). The body as first prior: Interoceptive predictive processing and the primacy of selfmodels. In M. Tsakiris & H. de Preester (Eds.), *The Interoceptive Mind: From Homeostasis to Awareness* (pp. 27–45). Oxford: Oxford University Press.

Ambrosecchia, M., Ardizzi, M., Russo, E., Ditaranto, F., Speciale, M., Vinai, P. et al. (2017). Interoception and Autonomic Correlates during Social Interactions. Implications for Anorexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 219. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00219

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed.). Washington: American Psychiatric Publishing.

Ardizzi, M. & Ferri, F. (2018). Interoceptive influences on peripersonal space boundary. *Cognition*, *177*, 79–86. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.04.001

Barrett, L. F., Quigley, K. S., Bliss-Moreau, E. & Aronson, K. R. (2004). Interoceptive Sensitivity and Self-Reports of Emotional Experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, *87*(5), 684–697. https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.5.684

Barrett, L. F. & Simmons, W. K. (2015). Interoceptive predictions in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *16*(7), 419–429. https://doi.org/10.1038/nrn3950

Barsky, A. J., Cleary, P. D., Sarnie, M. K. & Ruskin, J. N. (1994). Panic disorder, palpitations, and the awareness of cardiac activity. *Journal of Nervous and Mental Disease*, *182*(2), 63–71. https://doi.org/10.1097/00005053-199402000-00001

Bechara, A. (2011). The Somatic Marker Hypothesis and Its Neural Basis: Using Past Experiences to Forecast the Future in Decision Making. In M. Bar (Ed.), *Predictions in the Brain: Using our Past to Generate a Future* (pp. 122–133). Oxford: Oxford University Press.

Beck, A. T., Steer, R. A. & Brown, G. K. (1996). *Beck Depression Inventory-II (BDI-II)*. San Antonio: Psychological Corporation.

Berthoz, S., Perdereau, F., Godart, N., Corcos, M. & Haviland, M. G. (2007). Observer- and self-rated alexithymia in eating disorder patients: Levels and correspondence among three measures. *Journal of Psychosomatic Research*, *62*(3), 341–347. https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2006.10.008

Björntorp, P. & Rosmond, R. (1999). Hypothalamic Origin of the Metabolic Syndrome X. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *892*, 297–307.

Bogaerts, K., Walentynowicz, M., van den Houte, M., Constantinou, E. & van den Bergh, O. (in preparation). The Interoceptive Awareness Questionnaire (IAQ).

Bornemann, B., Herbert, B. M., Mehling, W. E. & Singer, T. (2014). Differential changes in self-reported aspects of interoceptive awareness through 3 months of contemplative training. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1504. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01504

Bornemann, B. & Singer, T. (2017). Taking time to feel our body: Steady increases in heartbeat perception accuracy and decreases in alexithymia over 9 months of contemplative mental training. *Psychophysiology*, *54*(3), 469–482. https://doi.org/10.1111/psyp.12790

Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Naranjo, J. R. & Schmidt, S. (2012). Influence of Mindfulness Practice on Cortisol and Sleep in Long-Term and Short-Term Meditators. *Neuropsychobiology*, *65*(3), 109–118. https://doi.org/10.1159/000330362

Brener, J. & Ring, C. (2016). Towards a psychophysics of interoceptive processes: The measurement of heartbeat detection. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *371*(1708), 20160015. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0015

Bruch, H. (1962). Perceptual and Conceptual Disturbances in Anorexia Nervosa. *Psychosomatic Medicine*, *24*(2), 187–194. https://doi.org/10.1097/00006842-196203000-00009

Bulik, C. M., Reba, L., Siega-Riz, A.-M. & Reichborn-Kjennerud, T. (2005). Anorexia nervosa: Definition, epidemiology, and cycle of risk. *International Journal of Eating Disorders*, S2-S9. https://doi.org/10.1002/eat.20107

Burke, G. L., Arcilla, R. A., Culpepper, W. S., Webber, L. S., Chiang, Y. K. & Berenson, G. S. (1987). Blood pressure and echocardiographic measures in children: the Bogalusa Heart Study. *Circulation*, *75*(1), 106–114. https://doi.org/10.1161/01.cir.75.1.106

Cameron, O. G. (2001). Interoception: The Inside Story – A Model for Psychosomatic Processes. *Psychosomatic Medicine*, *63*(5), 697–710. https://doi.org/10.1097/00006842-200109000-00001

Cameron, O. G. (2002). *Visceral sensory neuroscience: Interoception*. Oxford: Oxford University Press.

Canales-Johnson, A., Silva, C., Huepe, D., Rivera-Rei, Á., Noreika, V., Garcia, M. d. C. et al. (2015). Auditory Feedback Differentially Modulates Behavioral and Neural Markers of Objective and Subjective Performance When Tapping to Your Heartbeat. *Cerebral Cortex*, *25*(11), 4490–4503. https://doi.org/10.1093/cercor/bhv076

Ceunen, E., Vlaeyen, J. W. S. & van Diest, I. (2016). On the Origin of Interoception. *Frontiers in Psychology*, *7*, 743. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00743

Christensen, J. F., Gaigg, S. B. & Calvo-Merino, B. (2018). I can feel my heartbeat: Dancers have increased interoceptive accuracy. *Psychophysiology*, *55*(4). https://doi.org/10.1111/psyp.13008

Clausen, L., Rosenvinge, J. H., Friborg, O. & Rokkedal, K. (2011). Validating the Eating Disorder Inventory-3 (EDI-3): A Comparison Between 561 Female Eating Disorders Patients and 878 Females from the General Population. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, *33*(1), 101–110. https://doi.org/10.1007/s10862-010-9207-4

Cohen, S. & Janicki-Deverts, D. (2012). Who's Stressed? Distributions of psychological stress in the United States in probability samples from 1983, 2006, and 2009. *Journal of Applied Social Psychology*, *42*(6), 1320–1334. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2012.00900.x

Corcos, M., Guilbaud, O., Speranza, M., Paterniti, S., Loas, G., Stephan, P. & Jeammet, P. (2000). Alexithymia and depression in eating disorders. *Psychiatry Research*, *93*(3), 263–266. https://doi.org/10.1016/S0165-1781(00)00109-8

Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews Neuroscience*, *3*(8), 655–666. https://doi.org/10.1038/nrn894

Craig, A. D. (2003). Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Current Opinion in Neurobiology*, *13*(4), 500–505.

Craig, A. D. (2009). How do you feel – now? The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience, 10*(1), 59–70. https://doi.org/10.1038/nrn2555

Critchley, H. D. & Garfinkel, S. N. (2017). Interoception and emotion. *Current Opinion in Psychology, 17*, 7–14. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.04.020

Critchley, H. D., Mathias, C. J., Josephs, O., O'Doherty, J., Zanini, S., Dewar, B.-K. et al. (2003). Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence. *Brain, 126*(Pt 10), 2139–2152. https://doi.org/10.1093/brain/awg216

Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Öhman, A. & Dolan, R. J. (2004). Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nature Neuroscience, 7*(2), 189–195. https://doi.org/10.1038/nn1176

Dallman, M. F. (1993). Stress update: Adaptation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis to chronic stress. *Trends in Endocrinology & Metabolism, 4*(2), 62–69. https://doi.org/10.1016/S1043-2760(05)80017-7

Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. New York: Penguin Books.

Damasio, A. R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain Research Reviews, 26*(2-3), 83–86. https://doi.org/10.1016/S0165-0173(97)00064-7

Damasio, A. R. (2000). *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. *A Harvest book.* San Diego: Harcourt.

Damasio, A. R. (2006). *Descartes' error: Emotion, Reason, and the Human Brain* (2nd ed.). London: Vintage.

De Jong, M., Lazar, S. W., Hug, K., Mehling, W. E., Hölzel, B. K., Sack, A. T. et al. (2016). Effects of Mindfulness-Based Cognitive Therapy on Body Awareness in Patients with Chronic Pain and Comorbid Depression. *Frontiers in Psychology, 7*, 967. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00967

De Kloet, E. R., Joëls, M. & Holsboer, F. (2005). Stress and the brain: from adaptation to disease. *Nature Reviews Neuroscience, 6*(6), 463–475. https://doi.org/10.1038/nrn1683

De Preester, H. & Tsakiris, M. (2019). Preface. In M. Tsakiris & H. de Preester (Eds.), *The Interoceptive Mind.* Oxford: Oxford University Press.

Dettenborn, L., Muhtz, C., Skoluda, N., Stalder, T., Steudte, S., Hinkelmann, K. et al. (2012). Introducing a novel method to assess cumulative steroid concentrations: Increased hair cortisol concentrations over 6 months in medicated patients with depression. *Stress, 15*(3), 348–353. https://doi.org/10.3109/10253890.2011.619239

Dettenborn, L., Tietze, A., Bruckner, F. & Kirschbaum, C. (2010). Higher cortisol content in hair among long-term unemployed individuals compared to controls. *Psychoneuroendocrinology*, *35*(9), 1404–1409. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2010.04.006

Dettenborn, L., Tietze, A., Kirschbaum, C. & Stalder, T. (2012). The assessment of cortisol in human hair: Associations with sociodemographic variables and potential confounders. *Stress*, *15*(6), 578–588. https://doi.org/10.3109/10253890.2012.654479

Di Lernia, D., Serino, S., Polli, N., Cacciatore, C., Persani, L. & Riva, G. (2018). Interoceptive Axes Dissociation in Anorexia Nervosa: A Single Case Study With Follow Up Post-recovery Assessment. *Frontiers in Psychology*, *9*, 2488. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02488

Dilling, H., Mombour, W. & Schmidt, M. H. (2015). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen: ICD-10 Kapitel V (F) klinisch-diagnostische Leitlinien* (10., überarb. Aufl., unter Berücksichtigung der Änderungen entsprechend ICD-10-GM 2015). Bern: Hogrefe Verlag.

Domschke, K., Stevens, S., Pfleiderer, B. & Gerlach, A. L. (2010). Interoceptive sensitivity in anxiety and anxiety disorders: An overview and integration of neurobiological findings. *Clinical Psychology Review*, *30*(1), 1–11. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.08.008

DuBois, D., Ameis, S. H., Lai, M.-C., Casanova, M. F. & Desarkar, P. (2016). Interoception in Autism Spectrum Disorder: A review. *International Journal of Developmental Neuroscience*, *52*, 104–111. https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2016.05.001

Dunn, B. D., Dalgleish, T., Ogilvie, A. D. & Lawrence, A. D. (2007). Heartbeat perception in depression. *Behaviour Research and Therapy*, *45*(8), 1921–1930. https://doi.org/10.1016/j.brat.2006.09.008

Dunn, B. D., Galton, H. C., Morgan, R., Evans, D., Oliver, C., Meyer, M. et al. (2010). Listening to Your Heart: How Interoception Shapes Emotion Experience and Intuitive Decision Making. *Psychological Science*, *21*(12), 1835–1844. https://doi.org/10.1177/0956797610389191

Duquette, P. (2017). Increasing Our Insular World View: Interoception and Psychopathology for Psychotherapists. *Frontiers in Neuroscience*, *11*, 135. https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00135

Durlik, C., Brown, G. & Tsakiris, M. (2014). Enhanced interoceptive awareness during anticipation of public speaking is associated with fear of negative evaluation. *Cognition & Emotion*, *28*(3), 530–540. https://doi.org/10.1080/02699931.2013.832654

Edwards, M. J., Adams, R. A., Brown, H., Pareés, I. & Friston, K. J. (2012). A Bayesian account of 'hysteria'. *Brain*, *135*(Pt 11), 3495–3512. https://doi.org/10.1093/brain/aws129

Eggart, M., Lange, A., Binser, M. J., Queri, S. & Müller-Oerlinghausen, B. (2019). Major Depressive Disorder Is Associated with Impaired Interoceptive Accuracy: A Systematic Review. *Brain Sciences*, *9*(6). https://doi.org/10.3390/brainsci9060131

Ehlers, A. & Breuer, P. (1992). Increased cardiac awareness in panic disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, *101*(3), 371–382. https://doi.org/10.1037/0021-843X.101.3.371

Ehlers, A. & Breuer, P. (1996). How good are patients with panic disorder at perceiving their heartbeats? *Biological Psychology*, *42*(1-2), 165–182. https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05153-8

Ehlers, A., Breuer, P., Dohn, D. & Fiegenbaum, W. (1995). Heartbeat perception and panic disorder: Possible explanations for discrepant findings. *Behaviour Research and Therapy*, *33*(1), 69–76. https://doi.org/10.1016/0005-7967(94)E0002-Z

Eichler, S. & Katkin, E. S. (1994). The relationship between cardiovascular reactivity and heartbeat detection. *Psychophysiology*, *31*(3), 229–234. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02211.x

Emanuelsen, L., Drew, R. & Köteles, F. (2015). Interoceptive sensitivity, body image dissatisfaction, and body awareness in healthy individuals. *Scandinavian Journal of Psychology*, *56*(2), 167–174. https://doi.org/10.1111/sjop.12183

Epel, E., Lapidus, R., McEwen, B. & Brownell, K. (2001). Stress may add bite to appetite in women: a laboratory study of stress-induced cortisol and eating behavior. *Psychoneuroendocrinology*, *26*(1), 37–49. https://doi.org/10.1016/S0306-4530(00)00035-4

Erhart, M., Ottová-Jordan, V. & Ravens-Sieberer, U. (2014). Prävention und Gesundheitsförderung im Kindesalter. In K. Hurrelmann, T. Klotz & J. Haisch (Hrsg.), *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung* (4., vollst. überarb. Aufl., S. 59–69). Bern: Hans Huber.

Erle, T. M., Mitschke, V. & Schultchen, D. (submitted). The role of interoceptive accuracy for subjective well-being. *Social Psychological and Personality Science*.

Eshkevari, E., Rieger, E., Musiat, P. & Treasure, J. (2014). An Investigation of Interoceptive Sensitivity in Eating Disorders Using a Heartbeat Detection Task and a Self-report Measure. *European Eating Disorders Review*, *22*(5), 383–388. https://doi.org/10.1002/erv.2305

Ewing, D. L., Manassei, M. F., van Gould Praag, C., Philippides, A. O., Critchley, H. D. & Garfinkel, S. N. (2017). Sleep and the heart: Interoceptive differences linked to poor experiential sleep quality in anxiety and depression. *Biological Psychology*, *127*, 163–172. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.05.011

Fairburn, C. G. & Harrison, P. J. (2003). Eating disorders. *The Lancet*, *361*(9355), 407–416. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)12378-1

Fairclough, S. H. & Goodwin, L. (2007). The effect of psychological stress and relaxation on interoceptive accuracy: Implications for symptom perception. *Journal of Psychosomatic Research*, *62*(3), 289–295. https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2006.10.017

Farb, N. A. S., Daubenmier, J., Price, C. J., Gard, T., Kerr, C., Dunn, B. D. et al. (2015). Interoception, contemplative practice, and health. *Frontiers in Psychology*, *6*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00763

Fassino, S., Pierò, A., Gramaglia, C. & Abbate-Daga, G. (2004). Clinical, Psychopathological and Personality Correlates of Interoceptive Awareness in Anorexia nervosa, Bulimia nervosa and Obesity. *Psychopathology*, *37*(4), 168–174. https://doi.org/10.1159/000079420

Feinstein, J. S., Khalsa, S. S., Yeh, H., Al Zoubi, O., Arevian, A. C., Wohlrab, C. et al. (2018). The Elicitation of Relaxation and Interoceptive Awareness Using Floatation Therapy in Individuals With High Anxiety Sensitivity. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, *3*(6), 555–562. https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2018.02.005

Feldman, H. & Friston, K. J. (2010). Attention, uncertainty, and free-energy. *Frontiers in Human Neuroscience*, *4*, 215. https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00215

Ferentzi, E., Bogdány, T., Szabolcs, Z., Csala, B., Horváth, Á. & Köteles, F. (2018). Multichannel Investigation of Interoception: Sensitivity Is Not a Generalizable Feature. *Frontiers in Human Neuroscience*, *12*, 223. https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00223

Ferentzi, E., Horváth, Á. & Köteles, F. (2019). Do body-related sensations make feel us better? Subjective well-being is associated only with the subjective aspect of interoception. *Psychophysiology*, *56*(4), e13319. https://doi.org/10.1111/psyp.13319

Fischer, D., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T., Weiss, S. & Pollatos, O. (2016). Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study. *Frontiers in Psychiatry*, *7*, 199. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00199

Fischer, D., Messner, M. & Pollatos, O. (2017). Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 452. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00452

Fissler, M., Winnebeck, E., Schroeter, T., Gummersbach, M., Huntenburg, J. M., Gaertner, M. & Barnhofer, T. (2016). An Investigation of the Effects of Brief Mindfulness Training on Self-Reported Interoceptive Awareness, the Ability to Decenter, and Their Role in the Reduction of Depressive Symptoms. *Mindfulness*, *7*(5), 1170–1181. https://doi.org/10.1007/s12671-016-0559-z

Forkmann, T., Scherer, A., Meessen, J., Michal, M., Schächinger, H., Vögele, C. & Schulz, A. (2016). Making sense of what you sense: Disentangling interoceptive awareness, sensibility and accuracy. *International Journal of Psychophysiology*, *109*, 71–80. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.09.019

Fotopoulou, A. (2013). Beyond the Reward Principle: Consciousness as Precision Seeking. *Neuropsychoanalysis*, *15*(1), 33–38. https://doi.org/10.1080/15294145.2013.10773715

Friederich, H.-C., Brooks, S., Uher, R., Campbell, I. C., Giampietro, V., Brammer, M. et al. (2010). Neural correlates of body dissatisfaction in anorexia nervosa. *Neuropsychologia*, *48*(10), 2878–2885. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.04.036

Friston, K. (2005). A theory of cortical responses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *360*(1456), 815–836. https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1622

Friston, K. (2009). The free-energy principle: A rough guide to the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, *13*(7), 293–301. https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.04.005

Friston, K., Kilner, J. M. & Harrison, L. (2006). A free energy principle for the brain. *Journal of Physiology*, *100*(1-3), 70–87. https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2006.10.001

Furman, D. J., Waugh, C. E., Bhattacharjee, K., Thompson, R. J. & Gotlib, I. H. (2013). Interoceptive awareness, positive affect, and decision making in Major Depressive Disorder. *Journal of Affective Disorders*, *151*(2), 780–785. https://doi.org/10.1016/j.jad.2013.06.044

Füstös, J., Gramann, K., Herbert, B. M. & Pollatos, O. (2013). On the embodiment of emotion regulation: interoceptive awareness facilitates reappraisal. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *8*(8), 911–917. https://doi.org/10.1093/scan/nss089

Gao, W., Kirschbaum, C., Grass, J. & Stalder, T. (2016). LC-MS based analysis of endogenous steroid hormones in human hair. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, *162*, 92–99. https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2015.12.022

Garfinkel, S. N. & Critchley, H. D. (2013). Interoception, emotion and brain: new insights link internal physiology to social behaviour. Commentary on: "Anterior insular cortex mediates bodily sensibility and social anxiety" by Terasawa et al. (2012). *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *8*(3), 231–234. https://doi.org/10.1093/scan/nss140

Garfinkel, S. N., Critchley, H. D. & Pollatos, O. (2016). The Interoceptive System: Implications for Emotions, Cognition, and Health. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (pp. 427–443). Cambridge: University Press.

Garfinkel, S. N., Manassei, M. F., Hamilton-Fletcher, G., Bosch, Y., Critchley, H. D. & Engels, M. (2016). Interoceptive dimensions across cardiac and respiratory axes. *Philosophical*

Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, *371*(1708), 20160014. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0014

Garfinkel, S. N., Seth, A. K., Barrett, A. B., Suzuki, K. & Critchley, H. D. (2015). Knowing your own heart: Distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness. *Biological Psychology*, *104*, 65–74. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.11.004

Garfinkel, S. N., Tiley, C., O'Keeffe, S., Harrison, N. A., Seth, A. K. & Critchley, H. D. (2016). Discrepancies between dimensions of interoception in autism: Implications for emotion and anxiety. *Biological Psychology*, *114*, 117–126. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.12.003

Georgiou, E., Matthias, E., Kobel, S., Kettner, S., Dreyhaupt, J., Steinacker, J. M. & Pollatos, O. (2015). Interaction of physical activity and interoception in children. *Frontiers in Psychology*, *6*, 502. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00502

Gerra, G., Zaimovic, A., Mascetti, G. G., Gardini, S., Zambelli, U., Timpano, M. et al. (2001). Neuroendocrine responses to experimentally-induced psychological stress in healthy humans. *Psychoneuroendocrinology*, *26*(1), 91–107. https://doi.org/10.1016/S0306-4530(00)00046-9

Goodman, W. K., Price, L. H., Rasmussen, S. A., Mazure, C., Delgado, P., Heninger, G. R. & Charney, D. S. (1989). The Yale-Brown Obsessive Compulsive Scale. II. Validity. *Archives of General Psychiatry*, *46*(11), 1012–1016. https://doi.org/10.1001/archpsyc.1989.01810110054008

Goodman, W. K., Price, L. H., Rasmussen, S. A., Mazure, C., Fleischmann, R. L., Hill, C. L. et al. (1989). The Yale-Brown Obsessive Compulsive Scale. I. Development, use, and reliability. *Archives of General Psychiatry*, *46*(11), 1006–1011.

Goodyer, I. M., Herbert, J. & Tamplin, A. (2003). Psychoendocrine antecedents of persistent first-episode major depression in adolescents: a community-based longitudinal enquiry. *Psychological Medicine*, *33*(4), 601–610. https://doi.org/10.1017/S0033291702007286

Grabauskaitė, A., Baranauskas, M. & Griškova-Bulanova, I. (2017). Interoception and gender: What aspects should we pay attention to? *Consciousness and Cognition*, *48*, 129–137. https://doi.org/10.1016/j.concog.2016.11.002

Grynberg, D. & Pollatos, O. (2015). Perceiving one's body shapes empathy. *Physiology & Behavior*, *140*, 54–60. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.12.026

Gu, X. & FitzGerald, T. H. B. (2014). Interoceptive inference: homeostasis and decision-making. *Trends in Cognitive Sciences*, *18*(6), 269–270. https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.02.001

Hapke, U., Maske, U. E., Scheidt-Nave, C., Bode, L., Schlack, R. & Busch, M. A. (2013). Chronischer Stress bei Erwachsenen in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz, 56*(5-6), 749–754. https://doi.org/10.1007/s00103-013-1690-9

Harver, A., Katkin, E. S. & Bloch, E. (1993). Signal-detection outcomes on heartbeat and respiratory resistance detection tasks in male and female subjects. *Psychophysiology*, *30*(3), 223–230. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb03347.x

Herbert, B. M., Herbert, C. & Pollatos, O. (2011). On the Relationship Between Interoceptive Awareness and Alexithymia: Is Interoceptive Awareness Related to Emotional Awareness? *Journal of Personality*, *79*(5), 1149–1175. https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.2011.00717.x

Herbert, B. M., Herbert, C., Pollatos, O., Weimer, K., Enck, P., Sauer, H. & Zipfel, S. (2012). Effects of short-term food deprivation on interoceptive awareness, feelings and autonomic cardiac activity. *Biological Psychology*, *89*(1), 71–79. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.09.004

Herbert, B. M., Muth, E. R., Pollatos, O. & Herbert, C. (2012). Interoception across Modalities: On the Relationship between Cardiac Awareness and the Sensitivity for Gastric Functions. *PLoS ONE, 7*(5), e36646. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036646

Herbert, B. M. & Pollatos, O. (2008). Interozeptive Sensitivität, Gefühle und Verhaltensregulation. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, *19*(3), 125–137. https://doi.org/10.1024/1016-264X.19.3.125

Herbert, B. M. & Pollatos, O. (2012). The Body in the Mind: On the Relationship Between Interoception and Embodiment. *Topics in Cognitive Science*, *4*(4), 692–704. https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2012.01189.x

Herbert, B. M. & Pollatos, O. (2014). Attenuated interoceptive sensitivity in overweight and obese individuals. *Eating Behaviors*, *15*(3), 445–448. https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2014.06.002

Herbert, B. M., Pollatos, O., Flor, H., Enck, P. & Schandry, R. (2010). Cardiac awareness and autonomic cardiac reactivity during emotional picture viewing and mental stress. *Psychophysiology*, *47*(2), 342–354. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00931.x

Herbert, B. M., Pollatos, O. & Schandry, R. (2007). Interoceptive sensitivity and emotion processing: An EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, *65*(3), 214–227. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.04.007

Herbert, B. M., Ulbrich, P. & Schandry, R. (2007). Interoceptive sensitivity and physical effort: Implications for the self-control of physical load in everyday life. *Psychophysiology*, *44*(2), 194–202. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00493.x

Herman, A. M., Rae, C. L., Critchley, H. D. & Duka, T. (2019). Interoceptive accuracy predicts nonplanning trait impulsivity. *Psychophysiology*, *56*(6), e13339. https://doi.org/10.1111/psyp.13339

Iglesias, S., Jacobsen, D., Gonzalez, D., Azzara, S., Repetto, E. M., Jamardo, J. et al. (2015). Hair cortisol: A new tool for evaluating stress in programs of stress management. *Life Sciences*, *141*, 188–192. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.10.006

Jäger, B., Schmid-Ott, G., Ernst, G., Dölle-Lange, E. & Sack, M. (2012). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zu Ich-Funktionen und zur Selbstregulationsfähigkeit (Hannover-Selbstregulations-Inventar, HSRI). *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, *80*(6), 336–343. https://doi.org/10.1055/s-0031-1282071

James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, *9*, 188–205. https://doi.org/10.1093/mind/os-IX.34.188

Jenkinson, P. M., Taylor, L. & Laws, K. R. (2018). Self-reported interoceptive deficits in eating disorders: A meta-analysis of studies using the eating disorder inventory. *Journal of Psychosomatic Research*, *110*, 38–45. https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2018.04.005

Jogems-Kosterman, B. J. M., Knijff, D. W. W. de, Kusters, R. & van Hoof, J. J. M. (2007). Basal cortisol and DHEA levels in women with borderline personality disorder. *Journal of Psychiatric Research*, *41*(12), 1019–1026. https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2006.07.019

Jones, G. E. & Hollandsworth, J. G. (1981). Heart Rate Discrimination Before and After Exercise-Induced Augmented Cardiac Activity. *Psychophysiology*, *18*(3), 252–257. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb03029.x

Jones, G. E., Jones, K. R., Rouse, C. H., Scott, D. M. & Caldwell, J. A. (1987). The Effect of Body Position on the Perception of Cardiac Sensations: An Experiment and Theoretical Implications. *Psychophysiology*, *24*(3), 300–311. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1987.tb00300.x

Joormann, J. & Gotlib, I. H. (2010). Emotion regulation in depression: Relation to cognitive inhibition. *Cognition & Emotion*, *24*(2), 281–298. https://doi.org/10.1080/02699930903407948

Kabat-Zinn, J. (2013). *Gesund durch Meditation: Das große Buch der Selbstheilung mit MBSR*. München: Knaur MensSana TB.

Kahl, K. G., Bens, S., Ziegler, K., Rudolf, S., Dibbelt, L., Kordon, A. & Schweiger, U. (2006). Cortisol, the Cortisol-Dehydroepiandrosterone Ratio, and Pro-Inflammatory Cytokines in Patients with Current Major Depressive Disorder Comorbid with Borderline Personality Disorder. *Biological Psychiatry*, *59*(7), 667–671. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.08.001

Kandasamy, N., Garfinkel, S. N., Page, L., Hardy, B., Critchley, H. D., Gurnell, M. & Coates, J. M. (2016). Interoceptive Ability Predicts Survival on a London Trading Floor. *Scientific Reports*, *6*, 32986. https://doi.org/10.1038/srep32986

Kanning, M. K., Ebner-Priemer, U. W. & Schlicht, W. M. (2013). How to investigate within-subject associations between physical activity and momentary affective states in everyday life: a position statement based on a literature overview. *Frontiers in Psychology*, *4*, 187. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00187

Karanassios, G., Schultchen, D., Moehrle, M., Berberich, G. & Pollatos, O. (in preparation). Effects of CBT and an additional MBSR-Training on Interoceptive Accuracy in Depressive Patients.

Katkin, E. S., Blascovich, J. & Goldband, S. (1981). Empirical assessment of visceral self-perception: Individual and sex differences in the acquisition of heartbeat discrimination. *Journal of Personality and Social Psychology*, *40*(6), 1095–1101. https://doi.org/10.1037/0022-3514.40.6.1095

Kennedy, D., Goshko, C.-B., Murch, W. S., Limbrick-Oldfield, E. H., Dunn, B. D. & Clark, L. (2019). Interoception and respiratory sinus arrhythmia in gambling disorder. *Psychophysiology*, *56*(6), e13333. https://doi.org/10.1111/psyp.13333

Kever, A., Pollatos, O., Vermeulen, N. & Grynberg, D. (2015). Interoceptive sensitivity facilitates both antecedent- and response-focused emotion regulation strategies. *Personality and Individual Differences*, *87*, 20–23. https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.07.014

Khalsa, S. S., Adolphs, R., Cameron, O. G., Critchley, H. D., Davenport, P. W., Feinstein, J. S. et al. (2018). Interoception and Mental Health: A Roadmap. *Biological Psychiatry*, *3*(6), 501–513. https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2017.12.004

Khalsa, S. S. & Lapidus, R. C. (2016). Can Interoception Improve the Pragmatic Search for Biomarkers in Psychiatry? *Frontiers in Psychiatry*, *7*, 121. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00121

Khalsa, S. S., Rudrauf, D., Damasio, A. R., Davidson, R. J., Lutz, A. & Tranel, D. (2008). Interoceptive awareness in experienced meditators. *Psychophysiology*, *45*(4), 671–677. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00666.x

Khalsa, S. S., Rudrauf, D. & Tranel, D. (2009). Interoceptive awareness declines with age. *Psychophysiology*, *46*(6), 1130–1136. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00859.x

Kingsley, M., Lewis, M. J. & Marson, R. E. (2005). Comparison of Polar 810s and an Ambulatory ECG System for RR Interval Measurement During Progressive Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *26*(1), 39–44. https://doi.org/10.1055/s-2004-817878

Kirschbaum, C., Pirke, K. M. & Hellhammer, D. H. (1993). The 'Trier Social Stress Test' – A Tool for Investigating Psychobiological Stress Responses in a Laboratory Setting. *Neuropsychobiology*, *28*(1-2), 76–81. https://doi.org/10.1159/000119004

Kirschbaum, C., Tietze, A., Skoluda, N. & Dettenborn, L. (2009). Hair as a retrospective calendar of cortisol production – Increased cortisol incorporation into hair in the third trimester of pregnancy. *Psychoneuroendocrinology*, *34*(1), 32–37. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.08.024

Klabunde, M., Acheson, D. T., Boutelle, K. N., Matthews, S. C. & Kaye, W. H. (2013). Interoceptive sensitivity deficits in women recovered from bulimia nervosa. *Eating Behaviors*, *14*(4), 488–492. https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2013.08.002

Knapp-Kline, K. & Kline, J. P. (2005). Heart rate, heart rate variability, and heartbeat detection with the method of constant stimuli: slow and steady wins the race. *Biological Psychology*, *69*(3), 387–396. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.09.002

Koch, A. & Pollatos, O. (2014a). Cardiac sensitivity in children: Sex differences and its relationship to parameters of emotional processing. *Psychophysiology*, *51*(9), 932–941. https://doi.org/10.1111/psyp.12233

Koch, A. & Pollatos, O. (2014b). Interoceptive sensitivity, body weight and eating behavior in children: A prospective study. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1003. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01003

Kok, B. E. & Singer, T. (2017). Phenomenological Fingerprints of Four Meditations: Differential State Changes in Affect, Mind-Wandering, Meta-Cognition, and Interoception Before and After Daily Practice Across 9 Months of Training. *Mindfulness*, *8*(1), 218–231. https://doi.org/10.1007/s12671-016-0594-9

Krygier, J., Heathers, J., Kemp, A. & Abbott, M. (2015). Mindfulness Meditation and Paying Attention to the Heart: Preliminary Findings Regarding Improvements in Interoception after

10-days Intensive Vipassana Meditation. *Frontiers in Human Neuroscience; Conference Abstract: ASP2015 - 25th Annual Conference of the Australasian Society for Psychophysiology* [Advance online publication]. https://doi.org/10.3389/conf.fnhum.2015.219.00026

Küchler, A.-M., Schultchen, D., Pollatos, O., Moshagen, M., Ebert, D. D. & Baumeister, H. (under review). StudiCare Mindfulness – Study protocol of a randomized controlled trial evaluating an internet-based intervention for college students with no and „on demand" guidance. *Trials*.

Kudielka, B. M., Buske-Kirschbaum, A., Hellhammer, D. H. & Kirschbaum, C. (2004). Differential heart rate reactivity and recovery after psychosocial stress (TSST) in healthy children, younger adults, and elderly adults: The impact of age and gender. *International Journal of Behavioral Medicine*, *11*(2), 116–121. https://doi.org/10.1207/s15327558ijbm1102_8

Kutscheidt, K., Dresler, T., Hudak, J., Barth, B., Blume, F., Ethofer, T. et al. (2019). Interoceptive awareness in patients with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Attention deficit and hyperactivity disorders* [Advance online publication]. https://doi.org/10.1007/s12402-019-00299-3

Lazarov, A., Dar, R., Oded, Y. & Liberman, N. (2010). Are obsessive-compulsive tendencies related to reliance on external proxies for internal states? Evidence from biofeedback-aided relaxation studies. *Behaviour Research and Therapy*, *48*(6), 516–523. https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.02.007

Lazarov, A., Liberman, N., Hermesh, H. & Dar, R. (2014). Seeking proxies for internal states in obsessive-compulsive disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, *123*(4), 695–704. https://doi.org/10.1037/abn0000004

Limanowski, J. & Blankenburg, F. (2013). Minimal self-models and the free energy principle. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 547. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00547

Limmer, J., Kornhuber, J. & Martin, A. (2015). Panic and comorbid depression and their associations with stress reactivity, interoceptive awareness and interoceptive accuracy of various bioparameters. *Journal of Affective Disorders*, *185*, 170–179. https://doi.org/10.1016/j.jad.2015.07.010

Ludwick-Rosenthal, R. & Neufeld, R. W.J. (1985). Heart beat interoception: A study of individual differences. *International Journal of Psychophysiology*, *3*(1), 57–65. https://doi.org/10.1016/0167-8760(85)90020-0

Lutz, A. P. C., Schulz, A., Voderholzer, U., Koch, S., van Dyck, Z. & Voegele, C. (2019). Enhanced Cortical Processing of Cardio-Afferent Signals in Anorexia Nervosa. *Clinical Neurophysiology* [Advance online publication]. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.06.009

Maeda, S., Ogishima, H. & Shimada, H. (2019). Acute cortisol response to a psychosocial stressor is associated with heartbeat perception. *Physiology & Behavior*, *207*, 132–138. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.05.013

Mai, S., Braun, J., Probst, V., Kammer, T. & Pollatos, O. (2019). Changes in emotional processing following interoceptive network stimulation with rTMS. *Neuroscience*, *406*, 405–419. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.03.014

Mai, S., Wong, C. K., Georgiou, E. & Pollatos, O. (2018). Interoception is associated with heartbeat-evoked brain potentials (HEPs) in adolescents. *Biological Psychology*, *137*, 24–33. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.06.007

Maister, L., Tang, T. & Tsakiris, M. (2017). Neurobehavioral evidence of interoceptive sensitivity in early infancy. *ELife*, *6*. https://doi.org/10.7554/eLife.25318

Manenschijn, L., Schaap, L., van Schoor, N. M., van der Pas, S., Peeters, G. M. E. E., Lips, P. et al. (2013). High Long-Term Cortisol Levels, Measured in Scalp Hair, Are Associated With a History of Cardiovascular Disease. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *98*(5), 2078–2083. https://doi.org/10.1210/jc.2012-3663

Mata, F., Verdejo-Roman, J., Soriano-Mas, C. & Verdejo-Garcia, A. (2015). Insula tuning towards external eating versus interoceptive input in adolescents with overweight and obesity. *Appetite*, *93*, 24–30. https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.03.024

Matsumoto, R., Kitabayashi, Y., Narumoto, J., Wada, Y., Okamoto, A., Ushijima, Y. et al. (2006). Regional cerebral blood flow changes associated with interoceptive awareness in the recovery process of anorexia nervosa. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, *30*(7), 1265–1270. https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2006.03.042

McEwen, B. S. (1998). Protective and Damaging Effects of Stress Mediators. *The New England Journal of Medicine*, *338*(3), 171–179. https://doi.org/10.1056/NEJM199801153380307

Meessen, J., Mainz, V., Gauggel, S., Volz-Sidiropoulou, E., Sütterlin, S. & Forkmann, T. (2016). The Relationship Between Interoception and Metacognition. *Journal of Psychophysiology*, *30*(2), 76–86. https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000157

Mehling, W. E., Acree, M., Stewart, A., Silas, J. & Jones, A. (2018). The Multidimensional Assessment of Interoceptive Awareness, Version 2 (MAIA-2). *PLoS ONE*, *13*(12). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208034

Mehling, W. E., Gopisetty, V., Daubenmier, J., Price, C. J., Hecht, F. M. & Stewart, A. (2009). Body awareness: Construct and Self-Report Measures. *PLoS ONE*, *4*(5), e5614. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005614

Mehling, W. E., Price, C. J., Daubenmier, J., Acree, M., Bartmess, E. & Stewart, A. (2012). The Multidimensional Assessment of Interoceptive Awareness (MAIA). *PLoS ONE, 7*(11), e48230. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048230

Melloni, M., Sedeño, L., Couto, B., Reynoso, M., Gelormini, C., Favaloro, R. et al. (2013). Preliminary evidence about the effects of meditation on interoceptive sensitivity and social cognition. *Behavioral and Brain Functions, 9*, 47. https://doi.org/10.1186/1744-9081-9-47

Meyerholz, L., Irzinger, J., Witthöft, M., Gerlach, A. L. & Pohl, A. (2019). Contingent biofeedback outperforms other methods to enhance the accuracy of cardiac interoception: A comparison of short interventions. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 63*, 12–20. https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2018.12.002

Mikkelsen, M. B., O'Toole, M. S., Lyby, M. S., Wallot, S. & Mehlsen, M. (2019). Emotional reactivity and interoceptive sensitivity: Exploring the role of age. *Psychonomic Bulletin & Review* [Advance online publication]. https://doi.org/10.3758/s13423-019-01603-y

Montgomery, W. A. & Jones, G. E. (1984). Laterality, Emotionality, and Heartbeat Perception. *Psychophysiology, 21*(4), 459–465. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1984.tb00227.x

Murphy, J., Brewer, R., Catmur, C. & Bird, G. (2017). Interoception and psychopathology: A developmental neuroscience perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience, 23*, 45–56. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.12.006

Murphy, J., Brewer, R., Hobson, H., Catmur, C. & Bird, G. (2018). Is alexithymia characterised by impaired interoception? Further evidence, the importance of control variables, and the problems with the Heartbeat Counting Task. *Biological Psychology, 136*, 189–197. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.05.010

Murphy, J., Brewer, R., Plans, D., Khalsa, S. S., Catmur, C. & Bird, G. (2018, preprint). *Testing the independence of self-reported interoceptive accuracy and attention.* https://doi.org/10.31234/osf.io/fqgu4

Murphy, J., Catmur, C. & Bird, G. (2019). Classifying individual differences in interoception: Implications for the measurement of interoceptive awareness. *Psychonomic Bulletin & Review* [Advance online publication]. https://doi.org/10.3758/s13423-019-01632-7

Murphy, J., Geary, H., Millgate, E., Catmur, C. & Bird, G. (2018). Direct and indirect effects of age on interoceptive accuracy and awareness across the adult lifespan. *Psychonomic Bulletin & Review, 25*(3), 1193–1202. https://doi.org/10.3758/s13423-017-1339-z

Mussgay, L., Klinkenberg, N. & Rüddel, H. (1999). Heart Beat Perception in Patients with Depressive, Somatoform, and Personality Disorders. *Journal of Psychophysiology, 13*(1), 27–36. https://doi.org/10.1027//0269-8803.13.1.27

Newell, A. & Page, L. (2019). An Interoceptive Walk Down Wall Street. In G. Foster (Ed.), *Biophysical Measurement in Experimental Social Science Research: Theory and Practice* (pp. 149–165). London: Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813092-6.00006-X

Nicholson, T., Williams, D., Carpenter, K. & Kallitsounaki, A. (2019). Interoception is Impaired in Children, But Not Adults, with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders* [Advance online publication]. https://doi.org/10.1007/s10803-019-04079-w

Nielsen, L. & Kaszniak, A. W. (2006). Awareness of subtle emotional feelings: A comparison of long-term meditators and nonmeditators. *Emotion*, *6*(3), 392–405. https://doi.org/10.1037/1528-3542.6.3.392

Nunan, D., Jakovljevic, D. G., Donovan, G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R. H. & Brodie, D. A. (2008). Levels of agreement for RR intervals and short-term heart rate variability obtained from the Polar S810 and an alternative system. *European Journal of Applied Physiology*, *103*(5), 529–537. https://doi.org/10.1007/s00421-008-0742-6

O'Brien, W. H., Reid, G. J. & Jones, K. R. (1998). Differences in heartbeat awareness among males with higher and lower levels of systolic blood pressure. *International Journal of Psychophysiology*, *29*(1), 53–63. https://doi.org/10.1016/S0167-8760(98)00004-X

Palser, E. R., Fotopoulou, A., Pellicano, E. & Kilner, J. M. (2018). The link between interoceptive processing and anxiety in children diagnosed with autism spectrum disorder: Extending adult findings into a developmental sample. *Biological Psychology*, *136*, 13–21. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.05.003

Pannicke, B., Reichenberger, J., Schultchen, D., Pollatos, O. & Blechert, J. (in preparation). Affect improvements and measurement concordance between subjective and objective estimates of physical activity in everyday life.

Parkin, L., Morgan, R., Rosselli, A., Howard, M., Sheppard, A., Evans, D. et al. (2014). Exploring the Relationship Between Mindfulness and Cardiac Perception. *Mindfulness*, *5*(3), 298–313. https://doi.org/10.1007/s12671-012-0181-7

Paul, T. & Thiel, A. (2014). *Eating Disorder Inventory-2: Deutsche Version*. Göttingen: Hogrefe.

Pennebaker, J. W. & Hoover, C. W. (1984). Visceral perception versus visceral detection: Disentangling methods and assumptions. *Biofeedback and Self-Regulation*, *9*(3), 339–352. https://doi.org/10.1007/BF00998977

Polivy, J. & Herman, C. P. (2002). Causes of Eating Disorders. *Annual Review of Psychology*, *53*, 187–213. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135103

Pollatos, O. & Fischer, D. (2018). Interozeption. In C.-W. Kohlmann, C. Salewski & M. A. Wirtz (Hrsg.), *Psychologie in der Gesundheitsförderung* (S. 113–124). Bern: Hogrefe.

Pollatos, O. & Georgiou, E. (2016). Normal interoceptive accuracy in women with bulimia nervosa. *Psychiatry Research, 240,* 328–332. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.04.072

Pollatos, O. & Gramann, K. (2012). Attenuated modulation of brain activity accompanies emotion regulation deficits in alexithymia. *Psychophysiology*, *49*(5), 651–658. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01348.x

Pollatos, O. & Herbert, B. M. (2018). Interoception: Definitions, Dimensions, Neural Substrates. In G. Hauke & A. Kritikos (Eds.), *Embodiment in Psychotherapy: A Practitioner's Guide* (pp. 15–27). Cham: Springer International Publishing.

Pollatos, O., Herbert, B. M., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T. & Tsakiris, M. (2016). Atypical Self-Focus Effect on Interoceptive Accuracy in Anorexia Nervosa. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, 484. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00484

Pollatos, O., Herbert, B. M., Kaufmann, C., Auer, D. P. & Schandry, R. (2007). Interoceptive awareness, anxiety and cardiovascular reactivity to isometric exercise. *International Journal of Psychophysiology*, *65*(2), 167–173. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.03.005

Pollatos, O., Herbert, B. M., Mai, S. & Kammer, T. (2016). Changes in interoceptive processes following brain stimulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *371*(1708), 20160016. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0016

Pollatos, O., Herbert, B. M., Matthias, E. & Schandry, R. (2007). Heart rate response after emotional picture presentation is modulated by interoceptive awareness. *International Journal of Psychophysiology*, *63*(1), 117–124. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2006.09.003

Pollatos, O., Herbert, B. M., Wankner, S., Dietel, A., Wachsmuth, C., Henningsen, P. & Sack, M. (2011). Autonomic imbalance is associated with reduced facial recognition in somatoform disorders. *Journal of Psychosomatic Research*, *71*(4), 232–239. https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2011.03.012

Pollatos, O., Kurz, A.-L., Albrecht, J., Schreder, T., Kleemann, A. M., Schöpf, V. et al. (2008). Reduced perception of bodily signals in anorexia nervosa. *Eating Behaviors*, *9*(4), 381–388. https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2008.02.001

Pollatos, O., Matthias, E. & Keller, J. (2015). When interoception helps to overcome negative feelings caused by social exclusion. *Frontiers in Psychology*, *6*, 786. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00786

Pollatos, O. & Schandry, R. (2004). Accuracy of heartbeat perception is reflected in the amplitude of the heartbeat-evoked brain potential. *Psychophysiology*, *41*(3), 476–482. https://doi.org/10.1111/1469-8986.2004.00170.x

Pollatos, O. & Schandry, R. (2008). Emotional processing and emotional memory are modulated by interoceptive awareness. *Cognition & Emotion*, *22*(2), 272–287. https://doi.org/10.1080/02699930701357535

Pollatos, O., Schandry, R., Auer, D. P. & Kaufmann, C. (2007). Brain structures mediating cardiovascular arousal and interoceptive awareness. *Brain Research*, *1141*, 178–187. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.01.026

Pollatos, O., Traut-Mattausch, E. & Schandry, R. (2009). Differential effects of anxiety and depression on interoceptive accuracy. *Depression and Anxiety*, *26*(2), 167–173. https://doi.org/10.1002/da.20504

Porges, S. W. (1993). Fragebogen zur Körperwahrnehmung. Verfügbar unter: https://static1.squarespace.com/static/5c1d025fb27e390a78569537/t/5cc07b81ee6eb072574b3620/1556118401872/German+SF+updated+7-17.pdf

Price, C. J., Thompson, E. A., Crowell, S. E., Pike, K., Cheng, S. C., Parent, S. & Hooven, C. (2018). Immediate effects of interoceptive awareness training through Mindful Awareness in Body-oriented Therapy (MABT) for women in substance use disorder treatment. *Substance Abuse*, *40*(1), 102–115. https://doi.org/10.1080/08897077.2018.1488335

Quadt, L., Critchley, H. D. & Garfinkel, S. N. (2018). The neurobiology of interoception in health and disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1428*(1), 112–128. https://doi.org/10.1111/nyas.13915

Rae, C. L., Larsson, D. E. O., Garfinkel, S. N. & Critchley, H. D. (2019). Dimensions of interoception predict premonitory urges and tic severity in Tourette syndrome. *Psychiatry Research*, *271*, 469–475. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.12.036

Reas, D. L., Williamson, D. A., Martin, C. K. & Zucker, N. L. (2000). Duration of illness predicts outcome for bulimia nervosa: A long-term follow-up study. *International Journal of Eating Disorders*, *27*(4), 428–434. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-108X(200005)27:4<428::AID-EAT7>3.0.CO;2-Y

Reichenberger, J., Richard, A., Smyth, J. M., Fischer, D., Pollatos, O. & Blechert, J. (2018). It's craving time: time of day effects on momentary hunger and food craving in daily life. *Nutrition*, *55-56*, 15–20. https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.03.048

Richard, A., Meule, A., Georgii, C., Voderholzer, U., Cuntz, U., Wilhelm, F. H. & Blechert, J. (2019). Associations between interoceptive sensitivity, intuitive eating, and body mass index in patients with anorexia nervosa and normal-weight controls. *European Eating Disorders Review* [Advance online publication]. https://doi.org/10.1002/erv.2676

Ring, C. & Brener, J. (1996). Influence of beliefs about heart rate and actual heart rate on heartbeat counting. *Psychophysiology*, *33*(5), 541–546.

Ring, C. & Brener, J. (2018). Heartbeat counting is unrelated to heartbeat detection: A comparison of methods to quantify interoception. *Psychophysiology*, *55*(9), e13084. https://doi.org/10.1111/psyp.13084

Ring, C., Brener, J., Knapp, K. & Mailloux, J. (2015). Effects of heartbeat feedback on beliefs about heart rate and heartbeat counting: A cautionary tale about interoceptive awareness. *Biological Psychology*, *104*, 193–198. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.12.010

Ritsner, M., Gibel, A., Maayan, R., Ratner, Y., Ram, E., Biadsy, H. et al. (2005). Cortisol/Dehydroepiandrosterone Ratio and Responses to Antipsychotic Treatment in Schizophrenia. *Neuropsychopharmacology*, *30*(10), 1913–1922. https://doi.org/10.1038/sj.npp.1300747

Russell, E., Koren, G., Rieder, M. & van Uum, S. H. M. (2012). Hair cortisol as a biological marker of chronic stress: Current status, future directions and unanswered questions. *Psychoneuroendocrinology*, *37*(5), 589–601. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.09.009

Sarikouch, S., Peters, B., Gutberlet, M., Leismann, B., Kelter-Kloepping, A., Koerperich, H. et al. (2010). Sex-Specific Pediatric Percentiles for Ventricular Size and Mass as Reference Values for Cardiac MRI: Assessment by Steady-State Free-Precession and Phase-Contrast MRI flow. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, *3*(1), 65–76. https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.109.859074

Satow, L. (2012). Stress- und Coping-Inventar (SCI): Test- und Skalendokumentation. Verfügbar unter: https://www.psycharchives.org/bitstream/20.500.12034/437/3/PT_9006508_SCI_Skalendokumentation.pdf

Schaan, L., Schulz, A., Nuraydin, S., Bergert, C., Hilger, A., Rach, H. & Hechler, T. (2019). Interoceptive accuracy, emotion recognition, and emotion regulation in preschool children. *International Journal of Psychophysiology*, *138*, 47–56. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2019.02.001

Schachter, S. & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, *69*(5), 379–399. https://doi.org/10.1037/h0046234

Schaefer, M., Egloff, B. & Witthöft, M. (2012). Is interoceptive awareness really altered in somatoform disorders? Testing competing theories with two paradigms of heartbeat perception. *Journal of Abnormal Psychology, 121*(3), 719–724. https://doi.org/10.1037/a0028509

Schandry, R. (1981). Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology, 18*(4), 483–488.

Schandry, R. (2011). *Biologische Psychologie: Mit Online-Materialien* (3., vollst. überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Schandry, R., Bestler, M. & Montoya, P. (1993). On the relation between cardiodynamics and heartbeat perception. *Psychophysiology, 30*(5), 467–474. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb02070.x

Schandry, R. & Specht, G. (1981). The influence of psychological and physical stress on the perception of heartbeats. *Psychophysiology, 18*(2), 154.

Schauder, K. B., Mash, L. E., Bryant, L. K. & Cascio, C. J. (2015). Interoceptive ability and body awareness in autism spectrum disorder. *Journal of Experimental Child Psychology, 131*, 193–200. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.11.002

Schultchen, D., Bayer, J., Kühnel, J., Melchers, K. G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation. *Psychophysiology, 56*(10), e13429. https://doi.org/10.1111/psyp.13429

Schultchen, D., Küchler, A.-M., Schillings, C., Weineck, F., Karabatsiakis, A., Ebert, D. D. et al. (under review). The effectiveness of a guided online mindfulness-based intervention for the prevention of stress in a student population: Study protocol for a randomized control trial. *BMJ Open*.

Schultchen, D., Messner, M., Karabatsiakis, A., Schillings, C. & Pollatos, O. (2019). Effects of an 8-Week Body Scan Intervention on Individually Perceived Psychological Stress and Related Steroid Hormones in Hair. *Mindfulness*, *892*(5), 1–12. https://doi.org/10.1007/s12671-019-01222-7

Schultchen, D., Mittl, T., Messner, M., Rottweiler, A.-L. & Pollatos, O. (in preparation). Keep calm and sense the body: How practicing the body scan for eight weeks influences different dimensions of Mood.

Schultchen, D., Reichenberger, J., Mittl, T., Weh, T. R. M., Smyth, J. M., Blechert, J. & Pollatos, O. (2019). Bidirectional relationship of stress and affect with physical activity and healthy eating. *British Journal of Health Psychology, 24*(2), 315–333. https://doi.org/10.1111/bjhp.12355

Schultchen, D., Zaudig, M., Krauseneck, T., Berberich, G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy. *PLoS ONE*, *14*(5), e0217237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237

Schulz, A., Lass-Hennemann, J., Sütterlin, S., Schächinger, H. & Vögele, C. (2013). Cold pressor stress induces opposite effects on cardioceptive accuracy dependent on assessment paradigm. *Biological Psychology*, *93*(1), 167–174. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.01.007

Schulz, A. & Vögele, C. (2015). Interoception and stress. *Frontiers in Psychology*, *6*, 993. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00993

Schulz, P., Becker, P. & Schlotz, W. (2004). *Trierer Inventar zum chronischen Stress [TICS]: Manual*. Göttingen: Hogrefe.

Sel, A. (2014). Predictive codes of interoception, emotion, and the self. *Frontiers in Psychology*, *5*, 189. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00189

Sephton, S. & Spiegel, D. (2003). Circadian disruption in cancer: a neuroendocrine-immune pathway from stress to disease? *Brain, Behavior, and Immunity*, *17*(5), 321–328. https://doi.org/10.1016/S0889-1591(03)00078-3

Seth, A. K. (2013). Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. *Trends in Cognitive Sciences*, *17*(11), 565–573. https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.09.007

Seth, A. K. & Friston, K. J. (2016). Active interoceptive inference and the emotional brain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *371*(1708), 20160007. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0007

Seth, A. K., Suzuki, K. & Critchley, H. D. (2012). An interoceptive predictive coding model of conscious presence. *Frontiers in Psychology*, *2*, 395. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00395

Shah, P., Catmur, C. & Bird, G. (2016). Emotional decision-making in autism spectrum disorder: the roles of interoception and alexithymia. *Molecular Autism*, *7*(1), 43. https://doi.org/10.1186/s13229-016-0104-x

Shah, P., Hall, R., Catmur, C. & Bird, G. (2016). Alexithymia, not autism, is associated with impaired interoception. *Cortex*, *81*, 215–220. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.03.021

Shapiro, S. L., Astin, J. A., Bishop, S. R. & Cordova, M. (2005). Mindfulness-Based Stress Reduction for Health Care Professionals: Results From a Randomized Trial. *International Journal of Stress Management*, *12*(2), 164–176. https://doi.org/10.1037/1072-5245.12.2.164

Shephard, R. J. & Miller, H. S. (1999). *Exercise and the Heart in Health and Disease* (2nd ed.). New York: CRC Press.

Sherrington, C. S. (1906). *The Integrative Action of the Nervous System*. New Haven: Yale University Press.

Shields, S. A., Mallory, M. E. & Simon, A. (1989). The Body Awareness Questionnaire: Reliability and Validity. *Journal of Personality Assessment, 53*(4), 802–815. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa5304_16

Silk, J. S., Steinberg, L. & Morris, A. S. (2003). Adolescents' Emotion Regulation in Daily Life: Links to Depressive Symptoms and Problem Behavior. *Child Development, 74*(6), 1869–1880. https://doi.org/10.1046/j.1467-8624.2003.00643.x

Smith, R. & Lane, R. D. (2016). Unconscious emotion: A cognitive neuroscientific perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 69,* 216–238. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.08.013

Sokol-Hessner, P., Hartley, C. A., Hamilton, J. R. & Phelps, E. A. (2015). Interoceptive ability predicts aversion to losses. *Cognition & Emotion, 29*(4), 695–701. https://doi.org/10.1080/02699931.2014.925426

Song, A., Jung, W. H., Jang, J. H., Kim, E., Shim, G., Park, H. Y. et al. (2011). Disproportionate Alterations in the Anterior and Posterior Insular Cortices in Obsessive-Compulsive Disorder. *PLoS ONE, 6*(7), e22361. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022361

Spielberger, C. D., Gorsuch, R. C., Lushene, R. E., Vagg, P. R. & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo-Alto: Consulting Psychologist Press.

Stalder, T., Steudte, S., Miller, R., Skoluda, N., Dettenborn, L. & Kirschbaum, C. (2012). Intraindividual stability of hair cortisol concentrations. *Psychoneuroendocrinology, 37*(5), 602–610. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.08.007

Staufenbiel, S. M., Penninx, B. W. J. H., Spijker, A. T., Elzinga, B. M. & van Rossum, E. F. C. (2013). Hair cortisol, stress exposure, and mental health in humans: A systematic review. *Psychoneuroendocrinology, 38*(8), 1220–1235. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.11.015

Stevens, S., Gerlach, A. L., Cludius, B., Silkens, A., Craske, M. G. & Hermann, C. (2011). Heartbeat perception in social anxiety before and during speech anticipation. *Behaviour Research and Therapy, 49*(2), 138–143. https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.11.009

Taylor, S. (2011). Early versus late onset obsessive-compulsive disorder: Evidence for distinct subtypes. *Clinical Psychology Review, 31*(7), 1083–1100. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2011.06.007

Terasawa, Y., Moriguchi, Y., Tochizawa, S. & Umeda, S. (2014). Interoceptive sensitivity predicts sensitivity to the emotions of others. *Cognition & Emotion*, *28*(8), 1435–1448. https://doi.org/10.1080/02699931.2014.888988

Terhaar, J., Viola, F. C., Bär, K.-J. & Debener, S. (2012). Heartbeat evoked potentials mirror altered body perception in depressed patients. *Clinical Neurophysiology*, *123*(10), 1950–1957. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2012.02.086

Trautmann, J., Worthy, S. L. & Lokken, K. L. (2007). Body dissatisfaction, bulimic symptoms, and clothing practices among college women. *The Journal of Psychology*, *141*(5), 485–498. https://doi.org/10.3200/jrlp.141.5.485-498

Tsakiris, M. (2017). The multisensory basis of the self: From body to identity to others. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *70*(4), 597–609. https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1181768

Tsakiris, M. & Critchley, H. D. (2016). Interoception beyond homeostasis: affect, cognition and mental health. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *371*(1708), 20160002. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0002

Tsakiris, M., Tajadura-Jiménez, A. & Costantini, M. (2011). Just a heartbeat away from one's body: interoceptive sensitivity predicts malleability of body-representations. *Proceedings: Biological Sciences*, *278*(1717), 2470–2476. https://doi.org/10.1098/rspb.2010.2547

Tsigos, C. & Chrousos, G. P. (2002). Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*, *53*(4), 865–871. https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00429-4

Vaessen, T., Kasanova, Z., Hernaus, D., Lataster, J., Collip, D., van Nierop, M. & Myin-Germeys, I. (2018). Overall cortisol, diurnal slope, and stress reactivity in psychosis: An experience sampling approach. *Psychoneuroendocrinology*, *96*, 61–68. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.06.007

Vaitl, D. (1996). Interoception. *Biological Psychology*, *42*(1-2), 1–27. https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05144-9

Van den Bergh, O., Zacharioudakis, N. & Petersen, S. (2019). Interoception, categorization, and symptom perception. In M. Tsakiris & H. de Preester (Eds.), *The Interoceptive Mind: From Homeostasis to Awareness* (pp. 212–226). Oxford: Oxford University Press.

Van der Does, A. J., Antony, M. M., Ehlers, A. & Barsky, A. J. (2000). Heartbeat perception in panic disorder: a reanalysis. *Behaviour Research and Therapy*, *38*(1), 47–62. https://doi.org/10.1016/S0005-7967(98)00184-3

Van der Does, A. J., van Dyck, R. & Spinhoven, P. (1997). Accurate heartbeat perception in panic disorder: Fact and artefact. *Journal of Affective Disorders*, *43*(2), 121–130. https://doi.org/10.1016/S0165-0327(96)01414-0

Van Dyck, Z., Vögele, C., Blechert, J., Lutz, A. P. C., Schulz, A. & Herbert, B. M. (2016). The Water Load Test As a Measure of Gastric Interoception: Development of a Two-Stage Protocol and Application to a Healthy Female Population. *PLoS ONE*, *11*(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163574

Van Uum, S. H. M., Sauvé, B., Fraser, L. A., Morley-Forster, P., Paul, T. L. & Koren, G. (2008). Elevated content of cortisol in hair of patients with severe chronic pain: A novel biomarker for stress. *Stress*, *11*(6), 483–488. https://doi.org/10.1080/10253890801887388

Walsh, K. M., Saab, B. J. & Farb, N. A. S. (2019). Effects of a Mindfulness Meditation App on Subjective Well-Being: Active Randomized Controlled Trial and Experience Sampling Study. *JMIR Mental Health*, *6*(1), e10844. https://doi.org/10.2196/10844

Weineck, F., Messner, M., Hauke, G. & Pollatos, O. (2019). Improving interoceptive ability through the practice of power posing: A pilot study. *PLoS ONE*, *14*(2), e0211453. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211453

Weiss, S., Sack, M., Henningsen, P. & Pollatos, O. (2014). On the interaction of Self-Regulation, Interoception and Pain Perception. *Psychopathology*, *47*(6), 377–382. https://doi.org/10.1159/000365107

Wennig, R. (2000). Potential problems with the interpretation of hair analysis results. *Forensic Science International*, *107*(1-3), 5–12. https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00146-2

Werner, N. S., Jung, K., Duschek, S. & Schandry, R. (2009). Enhanced cardiac perception is associated with benefits in decision-making. *Psychophysiology*, *46*(6), 1123–1129. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00855.x

Werner, N. S., Kerschreiter, R., Kindermann, N. K. & Duschek, S. (2013). Interoceptive Awareness as a Moderator of Affective Responses to Social Exclusion. *Journal of Psychophysiology*, *27*(1), 39–50. https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000086

Whitehead, W. E., Drescher, V. M., Heiman, P. & Blackwell, B. (1977). Relation of heart rate control to heartbeat perception. *Biofeedback and Self-Regulation*, *2*(4), 371–392. https://doi.org/10.1007/BF00998623

Whitworth, J. A., Williamson, P. M., Mangos, G. & Kelly, J. J. (2005). Cardiovascular Consequences of Cortisol Excess. *Vascular Health and Risk Management*, *1*(4), 291–299. https://doi.org/10.2147/vhrm.2005.1.4.291

Wiebking, C., Bauer, A., De Greck, M., Duncan, N. W., Tempelmann, C. & Northoff, G. (2010). Abnormal body perception and neural activity in the insula in depression: An fMRI study of the depressed "material me". *World Journal of Biological Psychiatry*. (11), 538–549. https://doi.org/10.3109/15622970903563794

Wiens, S. (2005). Interoception in emotional experience. *Current Opinion in Neurology*, *18*(4), 442–447.

Wiens, S., Mezzacappa, E. S. & Katkin, E. S. (2000). Heartbeat detection and the experience of emotions. *Cognition & Emotion*, *14*(3), 417–427. https://doi.org/10.1080/026999300378905

Willem, C., Gandolphe, M.-C., Roussel, M., Verkindt, H., Pattou, F. & Nandrino, J.-L. (2019). Difficulties in emotion regulation and deficits in interoceptive awareness in moderate and severe obesity. *Eating and Weight Disorders*, *24*(4), 633–644. https://doi.org/10.1007/s40519-019-00738-0

Wittmann, M. (2013). The inner sense of time: how the brain creates a representation of duration. *Nature Reviews Neuroscience*, *14*(3), 217–223. https://doi.org/10.1038/nrn3452

Wölk, J., Sütterlin, S., Koch, S., Vögele, C. & Schulz, S. M. (2014). Enhanced cardiac perception predicts impaired performance in the Iowa Gambling Task in patients with panic disorder. *Brain and Behavior*, *4*(2), 238–246. https://doi.org/10.1002/brb3.206

Yoris, A., Esteves, S., Couto, B., Melloni, M., Kichic, R., Cetkovich, M. et al. (2015). The roles of interoceptive sensitivity and metacognitive interoception in panic. *Behavioral and Brain Functions*, *11*(1), 14. https://doi.org/10.1186/s12993-015-0058-8

Yoris, A., García, A. M., Traiber, L., Santamaría-García, H., Martorell, M., Alifano, F. et al. (2017). The inner world of overactive monitoring: neural markers of interoception in obsessive-compulsive disorder. *Psychological Medicine*, *47*(11), 1957–1970. https://doi.org/10.1017/S0033291717000368

Young, H. A. & Benton, D. (2018). Interoceptive Accuracy Moderates the Glycaemic, Autonomic and Subjective Response to a Glucose Load: A Test of the Predictive Coding Framework. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *286* (1898), 20190244. https://doi.org/10.31234/osf.io/x3uyq

Young, H. A., Williams, C., Pink, A. E., Freegard, G., Owens, A. & Benton, D. (2017). Getting to the heart of the matter: Does aberrant interoceptive processing contribute towards emotional eating? *PLoS ONE*, *12*(10), e0186312. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186312

Zaki, J., Davis, J. I. & Ochsner, K. N. (2012). Overlapping activity in anterior insula during interoception and emotional experience. *NeuroImage*, *62*(1), 493–499. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.05.012

Zamariola, G., Luminet, O., Mierop, A. & Corneille, O. (2019). Does it help to feel your body? Evidence is inconclusive that interoceptive accuracy and sensibility help cope with negative experiences. *Cognition & Emotion*, *33* (8), 1–12. https://doi.org/10.1080/02699931.2019.1591345

Zamariola, G., Maurage, P., Luminet, O. & Corneille, O. (2018). Interoceptive accuracy scores from the heartbeat counting task are problematic: Evidence from simple bivariate correlations. *Biological Psychology*, *137*, 12–17. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.06.006

Zamariola, G., Vlemincx, E., Corneille, O. & Luminet, O. (2018). Relationship between interoceptive accuracy, interoceptive sensibility, and alexithymia. *Personality and Individual Differences*, *125*, 14–20. https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.12.024

Zoellner, L. A. & Craske, M. G. (1999). Interoceptive Accuracy and Panic. *Behaviour Research and Therapy*, *37*(12), 1141–1158. https://doi.org/10.1016/S0005-7967(98)00202-2

Anhang

Artikel I: Schultchen, D., Bayer, J., Kühnel, J., Melchers, K. G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation. *Psychophysiology, 56*(10), e13429. https://doi.org/10.1111/psyp.13429

Artikel II: Fischer, D., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T., Weiss, S. & Pollatos, O. (2016). Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study. *Frontiers in Psychiatry, 7*, 199. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00199

Artikel III: Schultchen, D., Zaudig, M., Krauseneck, T., Berberich, G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy. *PLoS ONE, 14*(5), e0217237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237

Artikel IV: Fischer, D., Messner, M. & Pollatos, O. (2017). Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 452. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00452

Artikel I: Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation

Schultchen, D., Bayer, J., Kühnel, J., Melchers, K. G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation. *Psychophysiology, 56*(10), e13429. https://doi.org/10.1111/psyp.13429

Copyright: © 2019 Society for Psychophysiological Research. Reprinted by permission of the publisher.

Received: 21 November 2018 | Revised: 24 May 2019 | Accepted: 29 May 2019

DOI: 10.1111/psyp.13429

ORIGINAL ARTICLE

PSYCHOPHYSIOLOGY SPR WILEY

Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation

Dana Schultchen[1] | **Julia Bayer**[1,2] | **Jana Kühnel**[2] | **Klaus G. Melchers**[2] | **Olga Pollatos**[1]

[1]Clinical and Health Psychology, Institute of Psychology and Education, Ulm University, Ulm, Germany

[2]Work and Organizational Psychology, Institute of Psychology and Education, Ulm University, Ulm, Germany

Correspondence
Dana Schultchen, Clinical and Health Psychology, Institute of Psychology and Education, Ulm University, Albert-Einstein-Allee 41, 89069 Ulm, Germany.
Email: dana.schultchen@uni-ulm.de

Abstract

Interoception describes the ability to perceive internal bodily signals. Previous research found a relationship between interoceptive accuracy (IAcc) and cardiovascular outcomes during or after acute stress. So far, the association between IAcc and long-term stress has not been investigated, although this would be important to identify a starting point to prevent long-term stress. To address this idea in the current study, we examined the relationship between IAcc and long-term stress, which was assessed with different questionnaires and biological markers, including cortisol and dehydroepiandrosterone (DHEA). Furthermore, we investigated self-regulation as a mechanism linking IAcc to long-term stress. The sample consisted of 98 participants. To measure IAcc, participants completed the heartbeat perception task. Perceived long-term stress and self-regulation were assessed via an online questionnaire. Moreover, hair samples were taken from 65 participants to determine long-term stress with cortisol and DHEA as well as the ratio of both. Results showed that IAcc was positively related to DHEA and weakly negatively related to the other indicators of long-term stress, except for the nonsignificant relationships to the indicators cortisol and stress experiences due to negative events. Furthermore, these relationships were mediated by participants' enhanced self-regulation. Thus, our results suggest that enhanced self-regulation could be a mechanism explaining why IAcc is associated with long-term stress.

KEYWORDS

cortisol, DHEA, interoception, long-term stress, self-regulation

1 | INTRODUCTION

1.1 | Interoception

Interoception relates to the sensing of internal bodily signals, such as cardiovascular, respiratory, and gastrointestinal signals (Cameron, 2001; Craig, 2002). Garfinkel, Seth, Barrett, Suzuki, and Critchley (2015) proposed a multifaceted model of interoception, including interoceptive accuracy (IAcc), sensibility, and awareness. As hypothesized and demonstrated by them, IAcc is considered as the primary facet of interoception, underpinning other interoceptive assessments (confidence ratings and awareness measurement). Consequently, the present research focuses on IAcc, which can be understood as a behavioral performance measure. Examples for such measurements are the heartbeat perception (Schandry, 1981) or the heartbeat discrimination task (Whitehead, Drescher, Heiman, & Blackwell, 1977). The heartbeat perception and discrimination tasks focus on the cardiac domain, but they differ in their task, instruction, and characteristics. In the heartbeat perception task, participants have to count their heartbeats silently over different time intervals, evoking only the focus on visceral sensations. In comparison, the heartbeat

 © 2019 Society for Psychophysiological Research

discrimination task focuses on participants' ratings, whether an acoustic or visual signal is synchronous or asynchronous regarding their heartbeats, reflecting that the attention is on visceral and external signals. Most of the previous research used the heartbeat perception task (Brener & Ring, 2016). It should be mentioned that there is a current debate regarding its reliability and validity (Ring & Brener, 2018; Zamariola, Maurage, Luminet, & Corneille, 2018), which proposes that the belief about heart rate and time perception influences the performance on heartbeat perception (Ring & Brener, 1996; Ring, Brener, Knapp, & Mailloux, 2015; Wittmann, 2013). Former studies found that IAcc can be impaired in various mental disorders (e.g., Dunn, Stefanovitch, et al., 2010; Garfinkel et al., 2016; Pollatos & Georgiou, 2016; Schultchen, Zaudig, Krauseneck, Berberich, & Pollatos, 2019). However, it should be noted that research examining anxiety or panic disorders and IAcc yielded mixed results (Domschke, Stevens, Pfleiderer, & Gerlach, 2010; Ehlers & Breuer, 1992; Ehlers, Breuer, Dohn, & Fiegenbaum, 1995; Krautwurst, Gerlach, & Witthöft, 2016; Stevens et al., 2011; Wölk, Sütterlin, Koch, Vögele, & Schulz, 2014). It may be speculated that these inconsistent findings are due to methodological differences, such as the given instructions.

In general, interoception is a central component of many emotional theories (Damasio, 2000; Damasio et al., 2000; James, 1884; Schachter & Singer, 1962). For example, William James and Carl Lange showed that the somatic and visceral afferent feedback is essential for the development of the individual emotional experience, meaning that changes of internal bodily signals (e.g., changes in blood pressure or heart rate) and the perception of these changes contribute to the emotions. Damasio (2000) and Damasio et al. (2000) extended this model with the inclusion of somatic markers. These markers represent involuntary changes in internal bodily state that signal stimulus significance, which guides both emotional and cognitive behavior (e.g., decision making; Damasio, 2000; Damasio et al., 2000). In line with this assumption, several studies found that IAcc covaries with particular emotional conditions by demonstrating that individuals with a higher IAcc show a more intense emotional experience and a better regulation of emotions in situations associated with internal bodily changes such as an increased heart rate or breathing (e.g., Barrett, Quigley, Bliss-Moreau, & Aronson, 2004; Craig, 2003; Critchley & Garfinkel, 2017; Critchley, Wiens, Rotshtein, Ohman, & Dolan, 2004; Dunn, Galton, et al., 2010; Füstös, Gramann, Herbert, & Pollatos, 2013; Herbert, Herbert, & Pollatos, 2011; Wölk et al., 2014).

1.2 | Stress

A significant proportion of the human population experiences a high level of stress (e.g., Cohen & Janicki-Deverts, 2012; Hapke et al., 2013). The stress responses of the body and individual homeostasis are regulated by two stress systems, namely, the sympathetic nervous system and the hypothalamic-pituitary-adrenocortical (HPA) axis. Both systems are responsible for the adaption of the body in specific situations to ensure survival (Dallman, 1993; McEwen, 1998; Tsigos & Chrousos, 2002). An activation of these systems is functional to deal with stressors that do not last over a longer period and that do not affect an organism's health within a shorter period. However, long-term exposure to stressors may dysregulate the physiological stress axes, which can result in altered cortisol secretion—described as hypercortisolism—and can affect different physiological systems and processes such as the immune system, insulin release, glucose regulation, and cardiovascular processes. Not surprisingly and overall, research has shown that long-term stress facilitates the development of various chronic diseases and mental health problems such as cancer, diabetes, and depression (e.g., Björntorp & Rosmond, 1999; Epel, Lapidus, McEwen, & Brownell, 2001; Sephton & Spiegel, 2003; Staufenbiel, Penninx, Spijker, Elzinga, & van Rossum, 2013).

1.3 | Relationships between interoception, stress, and self-regulation

Because of increasing health costs for individuals as well as for the entire society, it is necessary to identify factors that explain why some people react more strongly to the same levels of stressors than others. One factor that seems to influence the perception and regulation of stress is interoception. Accordingly, individuals with high IAcc are more sensitive regarding changes of physiological processes due to stressor exposure (e.g., physical load; Herbert, Ulbrich, & Schandry, 2007). Therefore, it can be hypothesized that these individuals more likely address stressful situations. Previous research mostly focused on acute stress reactions to stressors such as public speaking (Durlik, Brown, & Tsakiris, 2014; Schandry & Specht, 1981; Stevens et al., 2011), mental arithmetic tasks (Eichler & Katkin, 1994; Herbert, Pollatos, Flor, Enck, & Schandry, 2010), physical exercise (Jones & Hollandsworth, 1981; Pollatos, Herbert, Kaufmann, Auer, & Schandry, 2007), as well as the cold pressor test (Schulz, Lass-Hennemann, Sütterlin, Schächinger, & Vögele, 2013) and its effect on and relationship with IAcc (for a review, see Schulz & Vögele, 2015). However, until now, knowledge is missing concerning the relationship between IAcc and long-term stress.

Despite results showing that IAcc is related to a higher short-term reactivity to stressful situations, we assume that IAcc should also be beneficial for the long-term response to stressful situations as a result of better self-regulation. Self-regulation refers to efforts of monitoring, willpower, and motivation to manage or alter one's incipient responses and impulses to pursue or maintain explicit goals or standards (Luszczynska, 2004; Muraven & Baumeister, 2000). Recent research highlights a positive link between interoceptive

processes and self-regulation (Weiss, Sack, Henningsen, & Pollatos, 2014). Furthermore, Herbert et al. (2007) found that good heartbeat perceivers also seem to have a better perception of their physical load when pedaling on a bicycle ergometer for 15 min. Specifically, results indicate that good heartbeat perceivers completed a shorter distance and that cardiovascular indicators showed a smaller increase in comparison to poor heartbeat perceivers. Herbert et al.'s (2007) interpretation contends that individuals with a higher IAcc exhibit better self-regulation because of their better perception of bodily changes concerning physical effort (e.g., increased breathing and heart rate, sweating). Thus, the study of Weiss et al. (2014) and Herbert et al. (2007) showed that individuals with a better perception of internal bodily signals could deal with acute stressful situations more effectively. Based on this research, we assume that good heartbeat perceivers have a more favorable physical response to stressors in the long term, which results from a better perception of internal signals and consequently the more appropriate use of self-regulation strategies. Accordingly, we propose that higher IAcc is positively related to self-regulative processes (see Herbert et al., 2007). Therefore, we expect that higher IAcc may protect from long-term stress via improved self-regulation.

To sum up, recent research has mostly addressed the relationship between IAcc and acute stress. Until now, investigations that focus on the relationship between IAcc and long-term stress are missing. As a first step, in a cross-sectional study, we hypothesize that IAcc is negatively related to long-term stress and that self-regulatory processes may explain the negative relationship between IAcc and long-term stress.

1.4 | Assessment of long-term stress

There are several possibilities to assess long-term stress, for example, via self-reports with questionnaires (e.g., Trier Inventory for the Assessment of Chronic Stress; Schulz, Becker, & Schlotz, 2004) and with physiological indicators such as stimulatory hormones like cortisol and related steroids such as dehydroepiandrosterone (DHEA; Herane Vives et al., 2015). Cortisol is a glucocorticoid hormone released by the HPA axis in response to stressors (Meyer & Novak, 2012). Moreover, it is increased through acute and long-term exposure to stressors (e.g., cognitive tasks, public speaking, noise exposure, war, pregnancy, or through conditions such as Cushing's syndrome; e.g., Dickerson & Kemeny, 2004; Etwel, Russell, Rieder, van Uum, & Koren, 2014; Meyer & Novak, 2012; Russell, Koren, Rieder, & van Uum, 2012). In general, it is the most commonly used indicator of long-term accumulation of cortisol release. For the assessment of long-term stress, hair cortisol has been shown to be a good indicator and to be more suitable in comparison to salivary, plasma, or urine samples (Stalder, Steudte, Alexander, et al., 2012), because it can provide information aggregated over several weeks or even months (Russell et al., 2012). With regard to the relation of cortisol levels from hair samples and individuals' stress experiences, several studies found mixed results (Stalder, Steudte, Alexander, et al., 2012; Steinisch et al., 2014). Therefore, it seems advisable to also consider alternative measures like the cortisol/DHEA ratio. DHEA is an endogenous steroid hormone of the body that can antagonize the effects of cortisol (Jogems-Kosterman, de Knijff, Kusters, & van Hoof, 2007). The ratio of the production of cortisol to DHEA can be an important factor in determining how an individual's HPA axis is functioning. Moreover, the ratio captures the impact of both cortisol and DHEA simultaneously, irrespective of the respective levels of cortisol and DHEA. Absolute cortisol levels often fail to describe a person's HPA axis dysfunction. Therefore, the cortisol/DHEA ratio is suggested as a measure of "functional hypercortisolemia" (Gallagher, 2002; Warnock et al., 2010). So far, first studies showed that this ratio increases under acute and prolonged psychological stress (Izawa, Saito, Shirotsuki, Sugaya, & Nomura, 2012). To the best of our knowledge, we are the first to investigate the relationship between IAcc and long-term stress operationalized with self-report questionnaires, cortisol, and DHEA release.

1.5 | Aims and hypotheses of the present study

We aim to examine the relationship between IAcc and long-term stress as well as the role of self-regulation in this relationship. Based on our theoretical reasoning above, we propose three hypotheses:

1. IAcc is negatively related to self-reported stress experience.
2. IAcc is positively related to DHEA as well as negatively related to cortisol and the cortisol/DHEA ratio in participants' hair.
3. IAcc is positively related to reported self-regulation, which in turn is negatively related to long-term stress. Participants' reported self-regulation mediates the negative relationship between IAcc and long-term stress.

2 | METHOD

2.1 | Participants

After receiving approval by the Ethics Committee of Ulm University (Germany), students were recruited by advertisements and email announcements. Inclusion criteria for participants were that they did not use (glucocorticoid) medication (except contraceptives) and that they did not suffer from any psychological, somatic, or neurological disease. Regarding

the participants for whom hair samples were assessed, the following additional inclusion criteria were used (Stalder, Steudte, Alexander, et al., 2012; Stalder, Steudte, Miller, et al., 2012): They needed a hair length of at least 2 cm at the posterior middle and/or vertex region of the head and no signs of hair loss or baldness. All participants received either monetary compensation or took part to fulfill a course requirement.

2.2 | Materials and procedure

First, we informed participants about the purpose of the study and asked them to sign an informed consent form. After signing the corresponding form, participants completed an online questionnaire including demographics (e.g., gender, age, education) and established psychological questionnaires to assess long-term stress and self-regulation, among them the Screening Scale of the Trier Inventory for the Assessment of Chronic Stress (TICS-SCSS; Schulz et al., 2004), the subscales of the Stress and Coping Inventory that capture stress experiences and physical and psychological symptoms (SCI; Satow, 2012), and the Hannover Self-Regulation Inventory (HSRI; Jäger, Schmid-Ott, Ernst, Dölle-Lange, & Sack, 2012). Completing the entire questionnaire took approximately 1 hr. For the purpose of the present study, we will exclusively report the results for the demographic data and the mentioned questionnaires. Next, an appointment for a short session in our laboratory was arranged directly after the completion of the online questionnaire to measure IAcc and to collect hair samples from each participant. These sessions lasted about 20 min. In the following, all measures are explained in detail.

2.2.1 | Self-report measures of stress and self-regulation

TICS-SCSS

The Screening Scale of chronic stress of the TICS (Schulz et al., 2004) was used to assess perceived chronic stress during the past 3 months. The screening scale consists of 12 items with a 5-point rating scale ranging from 0 = *never* to 4 = *very often*. Higher values indicate a greater chronic stress level. Cronbach's alpha was 0.91, reflecting excellent reliability.

SCI

The SCI (Satow, 2012) also measures stressful experiences, physical and psychological stress symptoms, and applied coping strategies during the past 3 months. In our study, we used the three subscales for stress experiences (uncertainty, excessive demands, and negative events) and the subscale for physical and psychological symptoms from the SCI. The uncertainty scale assesses job and financial insecurity. The excessive demands scale focuses on excessive demands such as financial problems, performance pressure, and expectations from the family. The negative events scale assesses stress experiences after negative events and loss. These three scales consist of seven items, each with a 7-point rating scale ranging from 1 = *no strain* to 7 = *very high strain*. The fourth scale was the physical and psychological symptoms scale, which consists of 13 items ranging from 1 = *never* to 4 = *very often*. Higher values in the different scales indicate a greater stress level. Internal consistency of the scales showed good reliability for uncertainty (Cronbach's alpha = 0.78) and physical and psychological symptoms (Cronbach's alpha = 0.86). Acceptable reliabilities were found for the scales excessive demands and negative events (Cronbach's alpha = 0.69).

HSRI

The HSRI is a valid and reliable screening instrument to assess individuals' self-regulation ability (Jäger et al., 2012). It consists of 35 items that capture different aspects of self-regulation problems. For all items, 6-point rating scales ranging from 1 = *never* to 6 = *always* were used. Higher scores indicate more difficulties in self-regulation. To simplify interpretation, we recoded this scale so that higher scores indicate better self-regulation abilities. Internal consistency of the HSRI showed good reliability (Cronbach's alpha = 0.83).

2.2.2 | Physiological measures of interoceptive accuracy and stress

IAcc

IAcc was assessed by the heartbeat perception task. In accordance with the mental tracking method proposed by Schandry (1981), we used three intervals with different lengths (25, 35, and 45 s). Before the task started, participants were instructed to count their own heartbeats silently and to verbally report the number of counted heartbeats at the end of each interval. Moreover, participants were asked to adopt a relaxed position and to stop any movements. The instructor indicated the beginning and the end of the counting intervals. During the counting intervals, participants were not allowed to check their pulse or to attempt any other physical manipulations (e.g., holding their breath) that could facilitate the detection of heartbeats. Furthermore, they did not receive any information about the length of the counting phases or any feedback about their accuracy. To become familiar with the task, participants started with a short training interval of 10 s. If they had no questions afterward, the different intervals of 25, 35, and 45 s were presented randomly. The three intervals were each separated by two standard resting periods of 20 s. Between these intervals, participants reported their counted heartbeats. To measure heartbeats objectively, a polar watch (RS800CX; Polar Electro Oy, Kempele, Finland) was used, which is mobile, easy to use, and noninvasive (Koch & Pollatos, 2014). Moreover, the validity and reliability related to comparable

electrocardiogram (ECG) devices were confirmed in different studies (e.g., Kingsley, Lewis, & Marson, 2005; Nunan et al., 2008). For the analysis of the cardiovascular data, the software Polar Pro Trainer 5 (Version 5.40.172) was used.

IAcc was calculated as the mean heartbeat perception score according to the following equation:

$$\text{IAcc Score} = \frac{1}{3}\sum\left(1 - \frac{(|\text{recorded heartbeats} - \text{counted heartbeats}|)}{\text{recorded heartbeats}}\right) \quad (1)$$

Higher scores indicate higher IAcc, so that the maximum score of 1 indicates perfect accuracy of heartbeat perception (Herbert & Pollatos, 2008).

Assessment of steroid hormone levels in scalp hair

In line with recommendations from the literature (Kirschbaum, Tietze, Skoluda, & Dettenborn, 2009; Stalder, Steudte, Miller, et al., 2012), two strands of scalp hairs (~3 mm diameter) were obtained from the posterior vertex from each participant, and the hair was cut as close to the scalp as possible with fine medical scissors. Hair samples were wrapped in aluminum foil and were stored at room temperature in a dry, dark place, until shipped to the Dresden LabService GmbH of Prof. Dr. Clemens Kirschbaum, located in Dresden, Germany. A hair length of 2 cm was used for the analyses of cortisol and DHEA. Given that scalp hair grows approximately 1 cm per month (Wennig, 2000), the strands provided information on participants' stress levels over an approximate period of 2 months prior to sampling. For the washing and steroid extraction procedures, the analysts used the laboratory protocol described in Gao, Kirschbaum, Grass, and Stalder (2016) with a minimum of 5 mg ± 0.2 mg of hair, cut from 2-cm hair segments. The results were expressed in picograms/milligram for cortisol and DHEA. Higher scores indicate a higher release of cortisol/lower release of DHEA within the past 2 months, which is used as an indicator for long-term stress.

2.3 | Statistical analysis

Bivariate Pearson correlation analyses (one-sided) were conducted between the IAcc scores and the self-reported questionnaires regarding long-term stress (TICS-SCSS, the three subscales for stress experiences, and physiological and psychological symptoms of the SCI) as well as the biological markers (cortisol, DHEA, and cortisol/DHEA ratio). To test the mediation of self-regulatory abilities on the relationship between IAcc and long-term stress, we conducted a mediation analysis. For this analysis, we used the SPSS macro developed by Preacher and Hayes (2004, 2008). This macro uses a bootstrapping resampling strategy to evaluate the significance of the indirect effect linking IAcc to long-term stress via self-regulation. For our analysis, 5,000 bootstrap samples were used. The mediation models tested IAcc as the independent variable, long-term stress (both questionnaires regarding long-term stress [TICS-SCSS and the four subscales of the SCI] as well as the cortisol/DHEA ratio) as the dependent variables, and self-regulation as the mediating variable (see Figure 1). Coefficients indicating relationships between the independent variable, the mediating variable, and the dependent variable were computed. Also, the total effect (the sum of the direct effect and of the indirect effect), the direct effect (the effect of the independent variable on the dependent variable minus the effect of the mediating variable), and the significance levels of total, direct, and indirect effects were determined.

3 | RESULTS

3.1 | Demographic data

Data were collected from 98 participants consisting of 50 women and 48 men with a mean age of 23.63 years (SD = 4.44). Cortisol and DHEA were obtained from a subsample of 65 participants—19 women and 46 men, mean age of 24.37 years (SD = 4.61)—due to the beginning of the hair cortisol assessment in the second wave of recruitment. All descriptive statistics are presented in Table 1, including IAcc, long-term stress measured via self-report questionnaires, and biological markers as well as self-regulation.

3.2 | Correlational analyses

Table 1 shows the means, standard deviations, and intercorrelations for all study variables. As noted above, no scalp hair was taken from the first 33 participants so that the sample size for all correlations concerning cortisol and DHEA was 65.

We found significant negative correlations between IAcc and self-reported long-term stress (TICS-SSCS: $r = -0.28$, $p = 0.002$; uncertainty: $r = -0.19$, $p = 0.032$; excessive demands: $r = -0.19$, $p = 0.034$; physical and psychological symptoms: $r = -0.24$, $p = 0.01$). Furthermore, higher IAcc was also related to higher DHEA ($r = 0.34$, $p = 0.003$) and a lower cortisol/DHEA ratio ($r = -0.21$, $p = 0.05$). We found

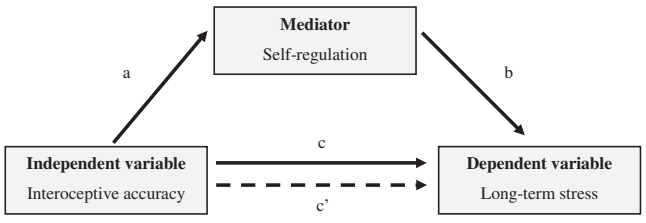

FIGURE 1 Hypothesized relationships between interoceptive accuracy, self-regulation, and long-term stress

TABLE 1 Descriptive statistics for IAcc, long-term stress, and self-regulation

	N	*M* (*SD*)	Min–Max	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. IAcc	98	0.66 (0.19)	0.14–0.96									
2. TICS-SSCS	98	55.73 (10.95)	17.00–79.00	−0.28**								
3. Uncertainty (SCI)	98	2.98 (1.23)	1.00–6.71	−0.19*	0.63**							
4. Demand (SCI)	98	2.83 (1.07)	1.00–6.00	−0.19*	0.64**	0.82**						
5. Negative events (SCI)	98	1.34 (0.54)	1.00–3.57	−0.09	0.36**	0.46**	0.42**					
6. Stress symptoms (SCI)	98	1.79 (0.56)	1.00–3.08	−0.24**	0.72**	0.56**	0.60**	0.43**				
7. Cortisol	65	2.79 (1.54)	1.02–9.28	0.05	0.11	0.14	0.08	0.12	0.16			
8. DHEA	65	16.90 (8.72)	2.12–38.79	0.34**	−0.22*	−0.40**	−0.20	−0.10	0.26*	0.04		
9. Cortisol/DHEA ratio	65	0.23 (0.26)	0.03–1.77	−0.21*	0.28*	0.33**	0.23*	0.02	0.26*	0.52**	−0.52**	
10.Self-regulation (HSRI)	98	15.75 (4.13)	6.71–23.71	0.26**	−0.64**	−0.53**	−0.50**	−0.48**	−0.71**	−0.21*	0.19	−0.23*

Note: IAcc, interoceptive accuracy; TICS, Trier Inventory for the Assessment of Chronic Stress; SSCS, Screening Scale of Chronic Stress; SCI, Stress and Coping Inventory; DHEA, dehydroepiandrosterone; HSRI, Hannover-Self-Regulation Inventory.
*$p < 0.05$; **$p < 0.01$ (one-tailed).

neither significant correlations between IAcc and stress experiences due to negative events ($r = -0.09$, $p = 0.19$) nor between IAcc and cortisol ($r = 0.05$, $p = 0.36$). Higher IAcc was related to better self-regulation ($r = 0.26$, $p = 0.005$). It should be noted that all correlation coefficients represent small- to medium-sized correlations.

Participants with a high self-regulation reported low long-term stress levels on TICS-SSCS ($r = -0.64$, $p < 0.001$), as well as for the different subscales of the SCI (uncertainty: $r = -0.53$, $p < 0.001$, excessive demands: $r = -0.50$, $p < 0.001$, negative events: $r = -0.48$, $p < 0.001$, and physical and psychological symptoms: $r = -0.71$, $p < 0.001$), representing medium- to large-sized correlations. In addition, this relationship could also be confirmed for cortisol ($r = -0.21$, $p = 0.04$) and the cortisol/DHEA ratio ($r = -0.23$, $p = 0.04$), indicating small-sized associations. However, no significant correlation between self-regulation and DHEA ($r = 0.19$, $p = 0.07$) was found.

Previous research showed a positive association between hair cortisol and social stress, specifically for the subscale social overload (Stalder, Steudte, & Alexander et al., 2012). Furthermore, research so far predominantly investigated hair cortisol in groups that experience higher levels of psychosocial stress (e.g., hospitalized and ventilated neonates, chronic pain patients, and long-term unemployed individuals), demonstrating higher levels of hair cortisol (Dettenborn, Tietze, Bruckner, & Kirschbaum, 2010; Van Uum et al., 2008; Yamada et al., 2007). Thus, we conducted additional correlation analyses for three items selected from the TICS-SSCS that captured social stress (one item on social overload and two items on lack of social recognition). The sum score was used, because no specific T-scores exist for these three items. Our findings showed a positive correlation between cortisol and social stress ($r = 0.20$, $p = 0.05$) and between the cortisol/DHEA ratio and social stress ($r = 0.21$, $p = 0.05$). No correlations were found for DHEA and social stress ($r = -0.16$, $p = 0.10$).

3.3 | Mediation analysis

Table 2 shows the results of the mediation analysis concerning the different dependent variables (self-report data for long-term stress [TICS-SSCS and the four subscales of the SCI: uncertainty, demand, negative events, and stress symptoms] as well as the cortisol/DHEA ratio). For the analyses concerning the self-report data for long-term stress, IAcc significantly predicted self-regulation (Path a) and self-regulation significantly predicted the questionnaire data of long-term stress (Path b). IAcc also significantly predicted the self-report data (TICS-SSCS and stress symptoms [SCI]) for long-term stress (Path c). This effect was reduced when self-regulation was included in the model (direct effect, Path c′). This is a prerequisite for mediation and shows that

TABLE 2 Results for tests of indirect effects of interoceptive accuracy on long-term stress via self-regulation

Dependent variable	Path weights (*b*s)			Direct effect	Indirect effect (90% CI)
	a[a]	b[b]	c[a]	c′[b]	ab
TICS-SCSS	0.26**	−0.61**	−0.28**	−0.13	−0.16 [−0.30, −0.04]
Uncertainty (SCI)	0.26**	−0.52**	−0.18+	−0.05	−0.13 [−0.26, −0.03]
Excessive demands (SCI)	0.26**	−0.48**	−0.18+	−0.06	−0.12 [−0.23, −0.03]
Negative events (SCI)	0.26**	−0.49**	−0.09	0.04	−0.12 [−0.25, −0.03]
Stress symptoms (SCI)	0.26**	−0.70**	−0.24**	−0.06	−0.18 [−0.33, −0.04]
Cortisol/DHEA ratio	0.14	−0.20	−0.19+	−0.17	−0.03 [−0.13, 0.01]

Note: CI, confidence interval; TICS, Trier Inventory for the Assessment of Chronic Stress; SSCS, Screening Scale of Chronic Stress; SCI, Stress and Coping Inventory; DHEA, dehydroepiandrosterone.

[a]$df = 1, 96$ (for cortisol/DHEA ratio: $df = 1, 63$).

[b]$df = 2, 95$ (for cortisol/DHEA ratio: $df = 2, 62$).

+$p < 0.10$; *$p < 0.05$; **$p < 0.01$.

the relationship between IAcc and the self-report data for long-term stress is explained by self-regulation ability. Our results confirmed the presence of an indirect effect of IAcc on all self-report data for long-term stress via self-regulation because the confidence intervals of the indirect effects did not contain zero.

In contrast to the self-report data for long-term stress, the indirect effect failed to reach significance when the cortisol/DHEA ratio was used. We found a trend toward IAcc as a predictor of the cortisol/DHEA ratio ($b = -0.19$, $t = -1.67$, $p = 0.10$; Path c). Descriptively, this effect was only slightly reduced when self-regulation was included in the model ($b = -0.16$, $t = -1.44$, $p = 0.15$; Path c′). The confidence interval for the indirect effect contained zero so that the mediation effect failed to reach significance even though the descriptive effects paralleled those from the self-report data for long-term stress.

4 | DISCUSSION

In this study, we targeted the relationship between IAcc and long-term stress by focusing on self-report data and biological markers. Results revealed that higher IAcc was associated with lower long-term stress, except for stress experiences due to negative events and cortisol. Moreover, individuals with a higher IAcc also had better self-regulation ability. As expected, mediation analysis showed that better self-regulation abilities mediated the relationship between IAcc and self-report questionnaire data of long-term stress. Concerning the cortisol/DHEA ratio, the mediation analysis only indicated a trend.

4.1 | Interoceptive accuracy and long-term stress

In this study, we examined long-term stress with different assessment methods regarding long-term stress. To date, and as mentioned in the review of Schulz and Vögele (2015), previous studies mainly focused on the relationship between acute stressors (e.g., public speaking, mental arithmetic tasks, exercise) and IAcc and indicated that exposure to acute stressors was related to higher IAcc. It should be noted that these findings concern the assessment via the heartbeat perception task. In comparison, measurements via the heartbeat discrimination task indicate a lower IAcc when confronted with an acute stressor (mental arithmetic task or cold pressor test; Fairclough & Goodwin, 2007; Schulz, Lass-Hennemann et al., 2013). It could be speculated that these inconsistent findings are due to different assessments of IAcc (heartbeat perception vs. heartbeat discrimination task) that differ in their focus of attention (Schulz, Lass-Hennemann et al., 2013). Specifically, the heartbeat perception task focuses on interoceptive signals, whereas the heartbeat discrimination task integrates interoceptive and exteroceptive signals. Another critical point regarding the heartbeat perception task is that some people accurately guess their heartbeats instead of perceiving it accurately (e.g., Eley, Gregory, Clark, & Ehlers, 2007). However, results were extended by different studies showing that individuals with higher IAcc, as assessed by the heartbeat perception task, indicated more stress in stressful situations (Herbert et al., 2010; Kindermann & Werner, 2014a, 2014b; Schulz, Lass-Hennemann et al., 2013). In light of these results, we assumed that higher IAcc is

associated with a better perception of internal bodily signals and, consequently, an earlier perception of stress and stress-related symptoms. Moreover, we also hypothesized that this higher sensitivity is related to a stronger reaction to these warning signals in terms of enhanced self-regulation. In accordance with our hypotheses, a higher IAcc was associated with lower long-term stress, which was true for the self-reported stress measures (TICS-SSCS and the SCI subscales, except for stress experiences due to negative events). Moreover, these results could also be confirmed for the cortisol/DHEA ratio, which indicates that a higher IAcc is also related to lower cortisol/DHEA ratio and consequently to lower long-term activation of the HPA axis. Regarding DHEA, a positive correlation was found, showing that a higher IAcc is associated with a higher DHEA level. Results revealed no significant relationship between IAcc and cortisol.

In this context, first assumptions and findings should be summarized regarding the potential psychophysiology behind glucocorticoid function (e.g., cortisol level) and interoception. In general, a higher glucocorticoid concentration is related to higher attention to stimuli and the fade-out from irrelevant stimuli in an acute stress situation for external stimuli (Erickson, Drevets, & Schulkin, 2003; Fehm-Wolfsdorf & Nagel, 1996). According to the processing of interoceptive signals and long-term stress, research is missing and should be considered in future studies. Furthermore, Schulz, Strelzyk et al. (2013) found that a higher glucocorticoid concentration enhanced the heartbeat evoked potential, which could result in higher attention to interoceptive signals, a higher arousal level, and simultaneously in a higher cortisol level (Barsky, Goodson, Lane, & Cleary, 1988). Additionally, Schulz (2015) observed that memory consolidation is affected by stress. Based on previous research, he assumed that interoceptive neural signals could be necessary for the stress-induced enhancement of memory consolidation due to glucocorticoid secretion (Quirarte, Roozendaal, & McGaugh, 1997) and afferent signal transmission from visceral organs (Roozendaal, Williams, & McGaugh, 1999). This forms the conclusion that the processing of interoceptive signals seems to be essential to improve memory consolidation under stress. Another point concerning the psychophysiology behind cortisol and interoception is that different studies showed that a higher IAcc resulted in better decision processes (Werner, Jung, Duschek, & Schandry, 2009; Wölk et al., 2014). Regarding stress, it was found that executive functions decreased under stress, which could be an indicator for diminished decision making that is caused by an increased cortisol level (Koot, Baars, Hesseling, van den Bos, & Joëls, 2013; van den Bos, Harteveld, & Stoop, 2009). This effect is explained by the impact of glucocorticoid in the orbitofrontal and insular cortex (Koot, Baars, Hesseling, Bos, & Joëls, 2013), which are also relevant for interoceptive processing.

Taken together, in the present study, we extended results from recent studies on acute stress and revealed that IAcc is related to long-term stress. To date, with this study, we are the first who observed these associations in the context of long-term stress and combined both individuals' perceptions and their physiological stress responses. Due to similar results regarding the self-reported questionnaire and biological data, we conclude that the cortisol/DHEA ratio may serve as a valuable assessment of an individual's long-term stress in future research.

4.2 | Interoceptive accuracy and self-regulation

In line with our expectations, we found a significant positive correlation between IAcc and self-regulation scores, suggesting that higher IAcc was associated with higher self-regulation ability. This is in line with previous findings underlining that a higher IAcc is associated with better behavioral self-regulation abilities in somatoform patients (Weiss et al., 2014). Similar results were found in Herbert et al.'s (2007) study, which showed that individuals with a higher IAcc had a better perception of their physical load on the bicycle ergometer. In light of these results, Herbert et al. (2007) suggested that individuals with higher IAcc have better self-regulation because they minimize their effort when they perceive increased physiological responses to stressors.

It can be assumed that IAcc facilitates successful self-regulation because people with higher IAcc receive more fine-tuned feedback about their current state across a repertoire of bodily variables (Weiss et al., 2014). Individuals with a better perception of their current physical state are able to use adequate self-regulation strategies to cope with stress. This assumption is also in accordance with data on social exclusion provided by Pollatos, Matthias, and Keller (2015) as well as by Werner, Kerschreiter, Kindermann, and Duschek (2013). In both studies, individuals with a higher IAcc showed better self-regulation strategies, resulting in a lower decrease in positive affect and a lower increase in negative affect/distress following social exclusion. The authors of these studies suggested that high IAcc decreases aversive states, which can be explained by individuals' use of somatic information. These assumptions could be confirmed by the results of Füstös et al. (2013) that indicate that a higher IAcc results in more effective self-regulation of behavior. To conclude, individuals with a higher IAcc are more sensitive to bodily information and therefore have more access to fine-tuned feedback of their bodily signals and emotional states. This ability might help them to effectively deal with stressors, which could result in lower long-term stress.

4.3 | Interoceptive accuracy, long-term stress, and self-regulation

Based on previous research, the hypothesized relationship between IAcc and long-term stress can be explained by individuals' self-regulation abilities. Even though a significant mediation effect was only found for the self-report questionnaire data for long-term stress but not for the cortisol/DHEA ratio, the descriptive effects for this ratio paralleled those for the questionnaire data. Thus, future research with larger samples might eventually also provide evidence for a mediation effect when the cortisol/DHEA ratio is used. So far, to the best of our knowledge, our study is the first in which this mediation effect is investigated.

4.4 | Limitations

Our results have to be interpreted in light of some limitations. First, we recruited healthy students with an unbalanced distribution of male and female participants (at least for the biological markers). Another critical point is the assessment of chronic stress using the TICS in a student sample because the TICS includes some items with a work-related background. However, prior studies also used the TICS in student samples (e.g., Gulewitsch, Enck, Schwille-Kiuntke, Weimer, & Schlarb, 2013; Petrowski, Paul, Albani, & Brähler, 2012; Schmitter, Liedl, Beck, & Rammelsberg, 2008). In future research, the assessment of the whole TICS should be aimed for, in order to shed more light on the association between self-reported social stress and biological markers as well as other variables (e.g., IAcc, self-regulation). This assumption is based on previous research, showing a positive association between hair cortisol and social overload (Stalder, Steudte, Alexander, et al., 2012) and a higher cortisol level in hair in humans with a higher psychosocial stress level (Dettenborn et al., 2010; Van Uum et al., 2008; Yamada et al., 2007). Next, in this study, we only included IAcc as an interoceptive dimension. Focusing on Garfinkel et al.'s (2015) proposed model, two other dimensions (interoceptive sensibility and awareness) are still missing. Another limitation is the use of the heartbeat perception task by Schandry (1981) without any control measurements such as time estimation or the belief about the heart rate, which are discussed as factors that influence the accuracy in the heartbeat perception task (e.g., Ring & Brener, 1996; Ring et al., 2015; Wittmann, 2013). For example, Eley and colleagues (2007) stated that some people could accurately guess their heartbeats by correctly estimating the time intervals and calculating their heartbeats based on this time perception instead of the perception of the heartbeats. Last, we acknowledge that causal inferences are not warranted due to the cross-sectional nature of our study.

4.5 | Future research

Future studies should use different samples regarding age and gender. Moreover, to extend the promising results of the present study, an assessment of employees instead of students remains a fruitful target for further studies to include a population with another stress level. In light of the nonsignificant mediation effect concerning the cortisol/DHEA ratio, future studies should also use larger sample sizes to increase statistical power for the mediation analyses. In addition to this, an investigation of patients with somatic or mental disorders would be interesting due to reported IAcc impairments in such populations (Dunn, Dalgleish, Ogilvie, & Lawrence, 2007; Fischer et al., 2016; Pollatos & Georgiou, 2016; Schultchen et al., 2019; Weiss et al., 2014). In this regard, Weiss and colleagues found that individuals with somatic disorders show decreased IAcc and self-regulation.

Further research should also examine all three different interoceptive processes from the proposed multifaceted model of Garfinkel et al. (2015). In the current study, we exclusively considered IAcc and explored neither the subjective component of interoception (= interoceptive sensibility; measured by confidence ratings after each heartbeat perception interval or by questionnaires such as the second version of the Multidimensional Assessment of Interoceptive Awareness, MAIA; Mehling, Acree, Stewart, Silas, & Jones, 2018, the Body Awareness Questionnaire; Shields, Mallory, & Simon, 1989, or the Body Perception Questionnaire; Porges, 1993) nor the congruence of IAcc and interoceptive sensibility (= interoceptive awareness). Another reason to include the MAIA in future studies is that self-regulation is a subscale of this questionnaire. Consequently, future research could integrate this measurement to combine the assessment of interoception and self-regulation.

Based on the current discussion concerning the reliability and validity of the heartbeat perception task (Ring & Brener, 2018; Zamariola et al., 2018), future research might develop new strategies to assess IAcc. Nonetheless, it should be mentioned that the heartbeat perception task is a widely used research instrument to measure IAcc, mainly because it is easy to implement and feasible regarding the implementation. However, in our opinion, results that speak for the validity of the heartbeat perception task are the overlap between IAcc and related neuropsychological indicators such as heartbeat-evoked potential (e.g., Mai, Wong, Georgiou, & Pollatos, 2018; Pollatos & Schandry, 2004) and the reduced autonomic neuropathy (Pauli, Hartl, Marquardt, Stalmann, & Strian, 1991). These results suggest that the perception of cardiovascular signals is reflected in this task. Another opportunity to elaborate the impact of psychological and physiological factors on the performance in the heartbeat perception task would be the inclusion of variables such

as the assessment of time estimation and the beliefs about heart rate mentioned above, which is included in several studies (e.g., Ardizzi & Ferri, 2018; Ferentzi, Horváth, & Köteles, 2019; Murphy, Brewer, Hobson, Catmur, & Bird., 2018). Besides these potential confounding variables, future research should also include the assessment of physical activity and emotional experience and regulation. Based on the research so far, it could also be an advantage to integrate the assessment of anxiety. Prior studies found that, due to stress experience, individuals with a high anxiety score also showed a high IAcc (Schmitz, Blechert, Krämer, Asbrand, & Tuschen-Caffier, 2012; Sturges & Goetsch, 1996). In additional analyses, we integrated the body mass index and gender in our analyses as control variables and did not find any changes regarding the correlational analyses or mediating effects.

Furthermore, it would be valuable to examine the biological markers (cortisol, DHEA, and the ratio of both) on the timeline for stress exposure. For future research, it could also be interesting to investigate how different manipulation procedures or interventions influence the observed relationship. Several empirical studies emphasize that IAcc can be trained, for instance, through procedures such as food deprivation, physical effort, and self-focus exercises (Ainley, Tajadura-Jiménez, Fotopoulou, & Tsakiris, 2012; Herbert et al., 2012, 2007) or mindfulness/biofeedback interventions, as well as the practice of power posing (Bornemann & Singer, 2017; Fischer, Messner, & Pollatos, 2017; Fissler et al., 2016; Meyerholz, Irzinger, Witthöft, Gerlach, & Pohl, 2019; Weineck, Messner, Hauke, & Pollatos, 2019).

4.6 | Conclusions

To sum up, the results of the present study highlight the importance of the ability to perceive interoceptive signals, indicating that a decreased perception is associated with a higher long-term stress experience. Moreover, the relationship between participants' ability to perceive interoceptive signals and long-term stress was mediated by enhanced self-regulation. In general, these results extend the research of Khalsa et al. (2018), showing that better interoception is increasingly recognized as an important component of a better mental health condition. Furthermore, it would be interesting to study the effect of interventions that target the enhancement of IAcc as a means to reduce long-term stress.

ORCID

Dana Schultchen https://orcid.org/0000-0001-5623-535X
Jana Kühnel https://orcid.org/0000-0002-7402-2355
Klaus G. Melchers https://orcid.org/0000-0003-4211-6450
Olga Pollatos https://orcid.org/0000-0002-0512-565X

REFERENCES

Ainley, V., Tajadura-Jiménez, A., Fotopoulou, A., & Tsakiris, M. (2012). Looking into myself: Changes in interoceptive sensitivity during mirror self-observation. *Psychophysiology*, *49*, 1504–1508. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01468.x

Ardizzi, M., & Ferri, F. (2018). Interoceptive influences on peripersonal space boundary. *Cognition*, *177*, 79–86. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.04.001

Barrett, L. F., Quigley, K. S., Bliss-Moreau, E., & Aronson, K. R. (2004). Interoceptive sensitivity and self-reports of emotional experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, *87*, 684–697. https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.5.684

Barsky, A. J., Goodson, J. D., Lane, R. S., & Cleary, P. D. (1988). The amplification of somatic symptoms. *Psychosomatic Medicine*, *50*, 510–519. https://doi.org/10.1097/00006842-198809000-00007

Björntorp, P., & Rosmond, R. (1999). Hypothalamic origin of the metabolic syndrome X. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *892*, 297–307. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1999.tb07803.x

Bornemann, B., & Singer, T. (2017). Taking time to feel our body: Steady increases in heartbeat perception accuracy and decreases in alexithymia over 9 months of contemplative mental training. *Psychophysiology*, *54*(3), 469–482. https://doi.org/10.1111/psyp.12790

Brener, J., & Ring, C. (2016). Towards a psychophysics of interoceptive processes: The measurement of heartbeat detection. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, *371*, 20160015. https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0015

Cameron, O. G. (2001). Interoception: The inside story—A model for psychosomatic processes. *Psychosomatic Medicine*, *63*, 697–710. https://doi.org/10.1097/00006842-200109000-00001

Cohen, S., & Janicki-Deverts, D. (2012). Who's stressed? Distributions of psychological stress in the United States in probability samples from 1983, 2006, and 2009. *Journal of Applied Social Psychology*, *42*, 1320–1334. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2012.00900.x

Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: The sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews. Neuroscience*, *3*, 655–666. https://doi.org/10.1038/nrn894

Craig, A. D. (2003). Interoception: The sense of the physiological condition of the body. *Current Opinion in Neurobiology*, *13*, 500–505. https://doi.org/10.1016/S0959-4388(03)00090-4

Critchley, H. D., & Garfinkel, S. N. (2017). Interoception and emotion. *Current Opinion in Psychology*, *17*, 7–14. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.04.020

Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Ohman, A., & Dolan, R. J. (2004). Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nature Neuroscience*, *7*, 189–195. https://doi.org/10.1038/nn1176

Dallman, M. F. (1993). Stress update adaptation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis to chronic stress. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, *4*, 62–69. https://doi.org/10.1016/S1043-2760(05)80017-7

Damasio, A. (2000). *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*. San Diego, CA: Harcourt.

Damasio, A., Grabowski, T. J., Bechara, A., Damasio, H., Ponto, L. L., Parvizi, J., & Hichwa, R. D. (2000). Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. *Nature Neuroscience*, *3*, 1049–1056. https://doi.org/10.1038/79871

Dettenborn, L., Tietze, A., Bruckner, F., & Kirschbaum, C. (2010). Higher cortisol content in hair among long-term unemployed individuals compared to controls. *Psychoneuroendocrinology*, *35*, 1404–1409. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2010.04.006

Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin*, *130*, 355–391. https://doi.org/10.1037/0033-2909.130.3.355

Domschke, K., Stevens, S., Pfleiderer, B., & Gerlach, A. L. (2010). Interoceptive sensitivity in anxiety and anxiety disorders: An overview and integration of neurobiological findings. *Clinical Psychology Review*, *30*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.08.008

Dunn, B. D., Dalgleish, T., Ogilvie, A. D., & Lawrence, A. D. (2007). Heartbeat perception in depression. *Behaviour Research and Therapy*, *45*, 1921–1930. https://doi.org/10.1016/j.brat.2006.09.008

Dunn, B. D., Galton, H. C., Morgan, R., Evans, D., Oliver, C., Meyer, M., … Dalgleish, T. (2010). Listening to your heart. How interoception shapes emotion experience and intuitive decision making. *Psychological Science*, *21*, 1835–1844. https://doi.org/10.1177/0956797610389191

Dunn, B. D., Stefanovitch, I., Evans, D., Oliver, C., Hawkins, A., & Dalgleish, T. (2010). Can you feel the beat? Interoceptive awareness is an interactive function of anxiety- and depression-specific symptom dimensions. *Behaviour Research and Therapy*, *48*, 1133–1138. https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.07.006

Durlik, C., Brown, G., & Tsakiris, M. (2014). Enhanced interoceptive awareness during anticipation of public speaking is associated with fear of negative evaluation. *Cognition & Emotion*, *28*, 530–540. https://doi.org/10.1080/02699931.2013.832654

Ehlers, A., & Breuer, P. (1992). Increased cardiac awareness in panic disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, *101*, 371–382. https://doi.org/10.1037/0021-843X.101.3.371

Ehlers, A., Breuer, P., Dohn, D., & Fiegenbaum, W. (1995). Heartbeat perception and panic disorder: Possible explanations for discrepant findings. *Behaviour Research and Therapy*, *33*, 69–76. https://doi.org/10.1016/0005-7967(94)E0002-Z

Eichler, S., & Katkin, E. S. (1994). The relationship between cardiovascular reactivity and heartbeat detection. *Psychophysiology*, *31*, 229–234. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02211.x

Eley, T. C., Gregory, A. M., Clark, D. M., & Ehlers, A. (2007). Feeling anxious: A twin study of panic/somatic ratings, anxiety sensitivity and heartbeat perception in children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, *48*, 1184–1191. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2007.01838.x

Epel, E., Lapidus, R., McEwen, B., & Brownell, K. (2001). Stress may add bite to appetite in women: A laboratory study of stress-induced cortisol and eating behavior. *Psychoneuroendocrinology*, *26*, 37–49. https://doi.org/10.1016/S0306-4530(00)00035-4

Erickson, K., Drevets, W., & Schulkin, J. (2003). Glucocorticoid regulation of diverse cognitive functions in normal and pathological emotional states. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *27*, 233–246. https://doi.org/10.1016/S0149-7634(03)00033-2

Etwel, F., Russell, E., Rieder, M. J., van Uum, S. H., & Koren, G. (2014). Hair cortisol as a biomarker of stress in the 2011 Libyan war. *Clinical and Investigative Medicine*, *37*, E403–E408. https://doi.org/10.25011/cim.v37i6.22245

Fairclough, S. H., & Goodwin, L. (2007). The effect of psychological stress and relaxation on interoceptive accuracy: Implications for symptom perception. *Journal of Psychosomatic Research*, *62*, 289–295. https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2006.10.017

Fehm-Wolfsdorf, G., & Nagel, D. (1996). Differential effects of glucocorticoids on human auditory perception. *Biological Psychology*, *42*, 117–130. https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05150-3

Ferentzi, E., Horváth, Á., & Köteles, F. (2019). Do body-related sensations make feel us better? Subjective well-being is associated only with the subjective aspect of interoception. *Psychophysiology*, *56*(4), e13319. https://doi.org/10.1111/psyp.13319

Fischer, D., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T., Weiss, S., & Pollatos, O. (2016). Interoceptive processes in anorexia nervosa in the time course of cognitive-behavioral therapy: A pilot study. *Frontiers in Psychiatry*, *7*, 199. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00199

Fischer, D., Messner, M., & Pollatos, O. (2017). Improvement of interoceptive processes after an 8-week body scan intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 452. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00452

Fissler, M., Winnebeck, E., Schroeter, T., Gummersbach, M., Huntenburg, J. M., Gaertner, M., & Barnhofer, T. (2016). An investigation of the effects of brief mindfulness training on self-reported interoceptive awareness, the ability to decenter, and their role in the reduction of depressive symptoms. *Mindfulness*, *7*, 1170–1181. https://doi.org/10.1007/s12671-016-0559-z

Füstös, J., Gramann, K., Herbert, B. M., & Pollatos, O. (2013). On the embodiment of emotion regulation: Interoceptive awareness facilitates reappraisal. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *8*, 911–917. https://doi.org/10.1093/scan/nss089

Gallagher, P. (2002). Cortisol/DHEA ratios in depression. *Neuropsychopharmacology*, *26*, 410. https://doi.org/10.1016/S0893-133X(01)00362-1

Gao, W., Kirschbaum, C., Grass, J., & Stalder, T. (2016). LC-MS based analysis of endogenous steroid hormones in human hair. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, *162*, 92–99. https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2015.12.022

Garfinkel, S. N., Seth, A. K., Barrett, A. B., Suzuki, K., & Critchley, H. D. (2015). Knowing your own heart: Distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness. *Biological Psychology*, *104*, 65–74. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.11.004

Garfinkel, S. N., Tiley, C., O'Keeffe, S., Harrison, N. A., Seth, A. K., & Critchley, H. D. (2016). Discrepancies between dimensions of interoception in autism: Implications for emotion and anxiety. *Biological Psychology*, *114*, 117–126. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.12.003

Gulewitsch, M. D., Enck, P., Schwille-Kiuntke, J., Weimer, K., & Schlarb, A. A. (2013). Mental strain and chronic stress among university students with symptoms of irritable bowel syndrome. *Gastroenterology Research and Practice*, *2013*, 206574. https://doi.org/10.1155/2013/206574

Hapke, U., Maske, U. E., Scheidt-Nave, C., Bode, L., Schlack, R., & Busch, M. A. (2013). Chronischer Stress bei Erwachsenen in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) [Chronic stress among adults in Germany: Results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1)]. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, *56*, 749–754. https://doi.org/10.1007/s00103-013-1690-9

Herane Vives, A., De Angel, V., Papadopoulos, A., Strawbridge, R., Wise, T., Young, A. H., … Cleare, A. J. (2015). The relationship

between cortisol, stress and psychiatric illness: New insights using hair analysis. *Journal of Psychiatric Research*, *70*, 38–49. https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2015.08.007

Herbert, B. M., Herbert, C., & Pollatos, O. (2011). On the relationship between interoceptive awareness and alexithymia: Is interoceptive awareness related to emotional awareness? *Journal of Personality*, *79*, 1149–1175. https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.2011.00717.x

Herbert, B. M., Herbert, C., Pollatos, O., Weimer, K., Enck, P., Sauer, H., & Zipfel, S. (2012). Effects of short-term food deprivation on interoceptive awareness, feelings and autonomic cardiac activity. *Biological Psychology*, *89*, 71–79. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.09.004

Herbert, B. M., & Pollatos, O. (2008). Interozeptive Sensitivität, Gefühle und Verhaltensregulation [Interoceptive sensitivity, feelings and behavorial control]. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, *19*, 125–137. https://doi.org/10.1024/1016-264X.19.3.125

Herbert, B. M., Pollatos, O., Flor, H., Enck, P., & Schandry, R. (2010). Cardiac awareness and autonomic cardiac reactivity during emotional picture viewing and mental stress. *Psychophysiology*, *47*, 342–354. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00931.x

Herbert, B. M., Ulbrich, P., & Schandry, R. (2007). Interoceptive sensitivity and physical effort: Implications for the self-control of physical load in everyday life. *Psychophysiology*, *44*, 194–202. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00493.x

Izawa, S., Saito, K., Shirotsuki, K., Sugaya, N., & Nomura, S. (2012). Effects of prolonged stress on salivary cortisol and dehydroepiandrosterone: A study of a two-week teaching practice. *Psychoneuroendocrinology*, *37*, 852–858. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.10.001

Jäger, B., Schmid-Ott, G., Ernst, G., Dölle-Lange, E., & Sack, M. (2012). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zu Ich-Funktionen und zur Selbstregulationsfähigkeit (Hannover-Selbstregulations-Inventar, HSRI) [Development and validation of an inventory of ego functions and self regulation (Hannover Self-Regulation Inventory, HSRI)]. *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, *80*, 336–343. https://doi.org/10.1055/s-0031-1282071

James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, *9*, 188–205. https://doi.org/10.1093/mind/os-IX.34.188

Jogems-Kosterman, B. J. M., de Knijff, D. W. W., Kusters, R., & van Hoof, J. J. M. (2007). Basal cortisol and DHEA levels in women with borderline personality disorder. *Journal of Psychiatric Research*, *41*, 1019–1026. https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2006.07.019

Jones, G. E., & Hollandsworth, J. G. (1981). Heart rate discrimination before and after exercise-induced augmented cardiac activity. *Psychophysiology*, *18*, 252–257. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb03029.x

Khalsa, S. S., Adolphs, R., Cameron, O. G., Critchley, H. D., Davenport, P. W., Feinstein, J. S., … Zucker, N. (2018). Interoception and mental health: A roadmap. *Biological Psychiatry. Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, *3*, 501–513. https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2017.12.004

Kindermann, N. K., & Werner, N. S. (2014a). Cardiac perception enhances stress experience. *Journal of Psychophysiology*, *28*, 225–232. https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000114

Kindermann, N. K., & Werner, N. S. (2014b). The impact of cardiac perception on emotion experience and cognitive performance under mental stress. *Journal of Behavioral Medicine*, *37*, 1145–1154. https://doi.org/10.1007/s10865-014-9564-7

Kingsley, M., Lewis, M. J., & Marson, R. E. (2005). Comparison of Polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *26*, 39–44. https://doi.org/10.1055/s-2004-817878

Kirschbaum, C., Tietze, A., Skoluda, N., & Dettenborn, L. (2009). Hair as a retrospective calendar of cortisol production—Increased cortisol incorporation into hair in the third trimester of pregnancy. *Psychoneuroendocrinology*, *34*, 32–37. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.08.024

Koch, A., & Pollatos, O. (2014). Interoceptive sensitivity, body weight and eating behavior in children: A prospective study. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1003. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01003

Koot, S., Baars, A., Hesseling, P., van den Bos, R., & Joëls, M. (2013). Time-dependent effects of corticosterone on reward-based decision-making in a rodent model of the Iowa Gambling Task. *Neuropharmacology*, *70*, 306–315. https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2013.02.008

Krautwurst, S., Gerlach, A. L., & Witthöft, M. (2016). Interoception in pathological health anxiety. *Journal of Abnormal Psychology*, *125*, 1179–1184. https://doi.org/10.1037/abn0000210

Luszczynska, A. (2004). Change in breast self-examination behavior: Effects of intervention on enhancing self-efficacy. *International Journal of Behavioral Medicine*, *11*, 95–103. https://doi.org/10.1207/s15327558ijbm1102_5

Mai, S., Wong, C. K., Georgiou, E., & Pollatos, O. (2018). Interoception is associated with heartbeat-evoked brain potentials (HEPs) in adolescents. *Biological Psychology*, *137*, 24–33. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.06.007

McEwen, B. S. (1998). Protective and damaging effects of stress mediators. *New England Journal of Medicine*, *338*, 171–179. https://doi.org/10.1056/NEJM199801153380307

Mehling, W. E., Acree, M., Stewart, A., Silas, J., & Jones, A. (2018). The Multidimensional Assessment of Interoceptive Awareness, Version 2 (MAIA-2). *PLoS ONE*, *13*, e0208034. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208034

Meyer, J. S., & Novak, M. A. (2012). Hair cortisol: A novel biomarker of hypothalamic-pituitary-adrenocortical activity. *Endocrinology*, *153*, 4120–4127. https://doi.org/10.1210/en.2012-1226

Meyerholz, L., Irzinger, J., Witthöft, M., Gerlach, A. L., & Pohl, A. (2019). Contingent biofeedback outperforms other methods to enhance the accuracy of cardiac interoception: A comparison of short interventions. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *63*, 12–20. https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2018.12.002

Muraven, M., & Baumeister, R. F. (2000). Self-regulation and depletion of limited resources: Does self-control resemble a muscle? *Psychological Bulletin*, *126*, 247–259. https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.2.247

Murphy, J., Brewer, R., Hobson, H., Catmur, C., & Bird, G. (2018). Is alexithymia characterised by impaired interoception? Further evidence, the importance of control variables, and the problems with the heartbeat counting task. *Biological Psychology*, *136*, 189–197. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.05.010

Nunan, D., Jakovljevic, D. G., Donovan, G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R. H., & Brodie, D. A. (2008). Levels of agreement for RR intervals and short-term heart rate variability obtained from the Polar S810 and an alternative system. *European Journal of Applied Physiology*, *103*, 529–537. https://doi.org/10.1007/s00421-008-0742-6

Pauli, P., Hartl, L., Marquardt, C., Stalmann, H., & Strian, F. (1991). Heartbeat and arrhythmia perception in diabetic autonomic neuropathy. *Psychological Medicine*, *21*, 413–421. https://doi.org/10.1017/S0033291700020523

Petrowski, K., Paul, S., Albani, C., & Brähler, E. (2012). Factor structure and psychometric properties of the Trier Inventory for Chronic Stress (TICS) in a representative German sample. *BMC Medical Research Methodology*, *12*, 42. https://doi.org/10.1186/1471-2288-12-42

Pollatos, O., & Georgiou, E. (2016). Normal interoceptive accuracy in women with bulimia nervosa. *Psychiatry Research*, *240*, 328–332. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.04.072

Pollatos, O., Herbert, B. M., Kaufmann, C., Auer, D. P., & Schandry, R. (2007). Interoceptive awareness, anxiety and cardiovascular reactivity to isometric exercise. *International Journal of Psychophysiology*, *65*, 167–173. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.03.005

Pollatos, O., Matthias, E., & Keller, J. (2015). When interoception helps to overcome negative feelings caused by social exclusion. *Frontiers in Psychology*, *6*, 786. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00786

Pollatos, O., & Schandry, R. (2004). Accuracy of heartbeat perception is reflected in the amplitude of the heartbeat-evoked brain potential. *Psychophysiology*, *41*, 476–482. https://doi.org/10.1111/1469-8986.2004.00170.x

Porges, S. W. (1993). Fragebogen zur Körperwahrnehmungn [Body Perception Questionnaire]. Retrieved fromhttp://stephenporges.com/images/bpq_fragebogen.pdf

Preacher, K. J., & Hayes, A. F. (2004). SPSS macro for multiple mediation: Written by Andrew F. Hayes. Retrieved from http://www.afhayes.com

Preacher, K. J., & Hayes, A. F. (2008). Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. *Behavior Research Methods*, *40*, 879–891. https://doi.org/10.3758/BRM.40.3.879

Quirarte, G. L., Roozendaal, B., & McGaugh, J. (1997). Glucocorticoid enhancement of memory storage involves noradrenergic activation in the basolateral amygdala. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *94*, 14048–14053. https://doi.org/10.1073/pnas.94.25.14048

Ring, C., & Brener, J. (1996). Influence of beliefs about heart rate and actual heart rate on heartbeat counting. *Psychophysiology*, *33*, 541–546. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1996.tb02430.x

Ring, C., & Brener, J. (2018). Heartbeat counting is unrelated to heartbeat detection: A comparison of methods to quantify interoception. *Psychophysiology*, *55*, e13084. https://doi.org/10.1111/psyp.13084

Ring, C., Brener, J., Knapp, K., & Mailloux, J. (2015). Effects of heartbeat feedback on beliefs about heart rate and heartbeat counting: A cautionary tale about interoceptive awareness. *Biological Psychology*, *104*, 193–198. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.12.010

Roozendaal, B., Williams, C. L., & McGaugh, J. (1999). Glucocorticoid receptor activation in the rat nucleus of the solitary tract facilitates memory consolidation: Involvement of the basolateral amygdala. *European Journal of Neuroscience*, *11*, 1317–1323. https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.1999.00537.x

Russell, E., Koren, G., Rieder, M., & van Uum, S. (2012). Hair cortisol as a biological marker of chronic stress: Current status, future directions and unanswered questions. *Psychoneuroendocrinology*, *37*, 589–601. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.09.009

Satow, L. (2012). Stress- und Coping-Inventar (SCI): Test- und Scalendokumentation [Stress and Coping Inventory (SCI)]. Retrieved from http://www.drsatow.de/tests/stress-und-coping-inventar.html

Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, *69*, 379–399. https://doi.org/10.1037/h0046234

Schandry, R. (1981). Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology*, *18*, 483–488. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb02486.x

Schandry, R., & Specht, G. (1981). The influence of psychological and physical stress on the perception of heartbeats [Abstract]. *Psychophysiology*, *18*, 154.

Schmitter, M., Liedl, M., Beck, J., & Rammelsberg, P. (2008). Chronic stress in medical and dental education. *Medical Teacher*, *30*, 97–99. https://doi.org/10.1080/01421590701769571

Schmitz, J., Blechert, J., Krämer, M., Asbrand, J., & Tuschen-Caffier, B. (2012). Biased perception and interpretation of bodily anxiety symptoms in childhood social anxiety. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, *41*, 92–102. https://doi.org/10.1080/15374416.2012.632349

Schultchen, D., Zaudig, M., Krauseneck, T., Berberich, G., & Pollatos, O. (2019). Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy. *PLoS ONE*, *14*(5), e0217237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237

Schulz, A. (2015). Interoception. In J. D. Wright (Ed.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (pp. 614–620). Oxford, England: Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.14145-5

Schulz, A., Lass-Hennemann, J., Sütterlin, S., Schächinger, H., & Vögele, C. (2013). Cold pressor stress induces opposite effects on cardioceptive accuracy dependent on assessment paradigm. *Biological Psychology*, *93*, 167–174. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.01.007

Schulz, A., Strelzyk, F., Ferreira de Sá, D. S., Naumann, E., Vögele, C., & Schächinger, H. (2013). Cortisol rapidly affects amplitudes of heartbeat-evoked brain potentials—Implications for the contribution of stress to an altered perception of physical sensations? *Psychoneuroendocrinology*, *38*, 2686–2693. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2013.06.027

Schulz, A., & Vögele, C. (2015). Interoception and stress. *Frontiers in Psychology*, *6*, 993. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00993

Schulz, P., Becker, P., & Schlotz, W. (2004). *TICS: Trierer Inventar zum chronischen Stress: Manual* [Trier Inventory for Chronic Stress (TICS): Manual]. Göttingen, Germany: Hogrefe.

Sephton, S., & Spiegel, D. (2003). Circadian disruption in cancer: A neuroendocrine-immune pathway from stress to disease? *Brain, Behavior, and Immunity*, *17*, 321–328. https://doi.org/10.1016/S0889-1591(03)00078-3

Shields, S. A., Mallory, M. E., & Simon, A. (1989). The body awareness questionnaire: Reliability and validity. *Journal of Personality Assessment*, *53*, 802–815. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa5304_16

Stalder, T., Steudte, S., Alexander, N., Miller, R., Gao, W., Dettenborn, L., & Kirschbaum, C. (2012). Cortisol in hair, body mass index and stress-related measures. *Biological Psychology*, *90*, 218–223. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2012.03.010

Stalder, T., Steudte, S., Miller, R., Skoluda, N., Dettenborn, L., & Kirschbaum, C. (2012). Intraindividual stability of hair cortisol concentrations. *Psychoneuroendocrinology*, *37*, 602–610. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.08.007

Staufenbiel, S. M., Penninx, B. W. J. H., Spijker, A. T., Elzinga, B. M., & van Rossum, E. F. C. (2013). Hair cortisol, stress exposure, and mental

health in humans: A systematic review. *Psychoneuroendocrinology*, *38*, 1220–1235. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.11.015

Steinisch, M., Yusuf, R., Li, J., Stalder, T., Bosch, J. A., Rahman, O., … Loerbroks, A. (2014). Work stress and hair cortisol levels among workers in a Bangladeshi ready-made garment factory: Results from a cross-sectional study. *Psychoneuroendocrinology*, *50*, 20–27. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2014.08.001

Stevens, S., Gerlach, A. L., Cludius, B., Silkens, A., Craske, M. G., & Hermann, C. (2011). Heartbeat perception in social anxiety before and during speech anticipation. *Behaviour Research and Therapy*, *49*, 138–143. https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.11.009

Sturges, L. V., & Goetsch, V. L. (1996). Psychophysiological reactivity and heartbeat awareness in anxiety sensitivity. *Journal of Anxiety Disorders*, *10*, 283–294. https://doi.org/10.1016/0887-6185(96)00012-6

Tsigos, C., & Chrousos, G. P. (2002). Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*, *53*, 865–871. https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00429-4

van den Bos, R., Harteveld, M., & Stoop, H. (2009). Stress and decision-making in humans: Performance is related to cortisol reactivity, albeit differently in men and women. *Psychoneuroendocrinology*, *34*, 1449–1458. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2009.04.016

Van Uum, S. H. M., Sauvé, B., Fraser, L. A., Morley-Forster, P., Paul, T. L., & Koren, G. (2008). Elevated content of cortisol in hair of patients with severe chronic pain: A novel biomarker for stress. *Stress*, *11*, 483–488. https://doi.org/10.1080/10253890801887388

Warnock, F., McElwee, K., Seo, R. J., McIsaac, S., Seim, D., Ramirez-Aponte, T., … Young, A. H. (2010). Measuring cortisol and DHEA in fingernails: A pilot study. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, *6*, 1–7.

Weineck, F., Messner, M., Hauke, G., & Pollatos, O. (2019). Improving interoceptive ability through the practice of power posing: A pilot study. *PLoS ONE*, *14*, e0211453. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211453

Weiss, S., Sack, M., Henningsen, P., & Pollatos, O. (2014). On the interaction of self-regulation, interoception and pain perception. *Psychopathology*, *47*, 377–382. https://doi.org/10.1159/000365107

Wennig, R. (2000). Potential problems with the interpretation of hair analysis results. *Forensic Science International*, *107*, 5–12. https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00146-2

Werner, N. S., Jung, K., Duschek, S., & Schandry, R. (2009). Enhanced cardiac perception is associated with benefits in decision-making. *Psychophysiology*, *46*, 1123–1129. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00855.x

Werner, N. S., Kerschreiter, R., Kindermann, N. K., & Duschek, S. (2013). Interoceptive awareness as a moderator of affective responses to social exclusion. *Journal of Psychophysiology*, *27*, 39–50. https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000086

Whitehead, W. E., Drescher, V. M., Heiman, P., & Blackwell, B. (1977). Relation of heart rate control to heartbeat perception. *Biofeedback and Self-regulation*, *2*, 371–392. https://doi.org/10.1007/BF00998623

Wittmann, M. (2013). The inner sense of time: How the brain creates a representation of duration. *Nature Reviews. Neuroscience*, *14*, 217–223. https://doi.org/10.1038/nrn3452

Wölk, J., Sütterlin, S., Koch, S., Vögele, C., & Schulz, S. M. (2014). Enhanced cardiac perception predicts impaired performance in the Iowa Gambling Task in patients with panic disorder. *Brain and Behavior*, *4*, 238–246. https://doi.org/10.1002/brb3.206

Yamada, J., Stevens, B., Silva, N., de, Gibbins, S., Beyene, J., Taddio, A., … Koren, G. (2007). Hair cortisol as a potential biologic marker of chronic stress in hospitalized neonates. *Neonatology*, *92*, 42–49. https://doi.org/10.1159/000100085

Zamariola, G., Maurage, P., Luminet, O., & Corneille, O. (2018). Interoceptive accuracy scores from the heartbeat counting task are problematic: Evidence from simple bivariate correlations. *Biological Psychology*, *137*, 12–17. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.06.00

How to cite this article: Schultchen D, Bayer J, Kühnel J, Melchers KG, Pollatos O. Interoceptive accuracy is related to long-term stress via self-regulation. *Psychophysiology*. 2019;e13429. https://doi.org/10.1111/psyp.13429

Artikel II: Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study

Fischer, D., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T., Weiss, S. & Pollatos, O. (2016). Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study. *Frontiers in Psychiatry, 7*, 199. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00199

Copyright: © 2016 Fischer, Berberich, Zaudig, Krauseneck, Weiss and Pollatos. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0) [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/].

frontiers in Psychiatry

ORIGINAL RESEARCH
published: 15 December 2016
doi: 10.3389/fpsyt.2016.00199

Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study

Dana Fischer[1], Götz Berberich[2], Michael Zaudig[2], Till Krauseneck[2,3], Sarah Weiss[1,4] and Olga Pollatos[1]*

[1] Clinical and Health Psychology, Institute of Psychology and Education, Ulm University, Ulm, Germany, [2] Klinikum Windach a. Ammersee, Windach, Germany, [3] kbo-Isar-Amper-Klinikum, Munich-Haar, Germany, [4] AMC – Wolfart Klinik, Zentrum für Adipositas- und Metabolische Chirurgie, Munich-Gräfelfing, Germany

Objective: Previous studies report reduced interoceptive abilities in anorexia nervosa (AN) using various methods. Recent research suggests that different levels of interoceptive processes aiming at different subdomains of interoceptive abilities must be further distinguished as these levels can be differentially affected. Two important levels refer to interoceptive accuracy (IA) derived from objective performance tasks such as the heartbeat detection task and interoceptive sensibility (IS) as assessed by self-report. There is a lack of studies investigating both IA and IS in AN and examining them in the time course of therapy. The aim of this pilot study was to evaluate the different interoceptive processes – especially IA and IS – in the time course of therapy.

Methods: Fifteen patients with AN (restricting type) from the Psychosomatic Clinic in Windach were investigated three times (T1, T2, T3) during a standardized cognitive-behavioral therapy and compared with 15 matched healthy controls assessed at Ulm University in a comparable design. All participants performed the heartbeat detection task examining IA and completed standard psychological assessments including an assessment of IS.

Results: Patients with AN showed a significantly decreased weight, higher levels of depression, and both reduced IA and IS compared to healthy controls at T1. Following therapy, patients recovered in terms of weight and depression symptomatology. A descriptive trend for recovering from IA and IS was observed.

Discussion: Our findings suggest that interoceptive deficits are present in recovered patients. Therefore, further investigations are needed with more patients, differentiating between relapsed and recovered patients, and more specific training methods to improve interoceptive processes.

Keywords: anorexia nervosa, interoceptive accuracy, interoceptive sensibility, eating disorders, heartbeat perception, cognitive-behavioral therapy

OPEN ACCESS

Edited by:
Gianluca Serafini, University of Genova, Italy

Reviewed by:
Andreas Stengel, Charité, Germany
Jonas Tesarz, Heidelberg University, Germany

****Correspondence:***
Dana Fischer
dana.fischer@uni-ulm.de

Specialty section:
This article was submitted to Psychosomatic Medicine, a section of the journal Frontiers in Psychiatry

Received: *29 August 2016*
Accepted: *29 November 2016*
Published: *15 December 2016*

Citation:
Fischer D, Berberich G, Zaudig M, Krauseneck T, Weiss S and Pollatos O (2016) Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study. Front. Psychiatry 7:199. doi: 10.3389/fpsyt.2016.00199

INTRODUCTION

Anorexia nervosa (AN) is a psychiatric disorder with an excessive weight loss (1). Patients are characterized by fear of gaining weight, rejection of their body, and a disturbed body image (1–3). Patients restrict their food intake, especially food with a high-fat content and follow an excessive exercise program (1, 4). For this type of eating disorder, severe psychological, physiological, and social consequences are observed. This includes for instance declining interests for other people, comorbidities like depression or anxiety disorder, impaired concentration, loss of sexual interests, and amenorrhea. Previous studies suggest that patients with eating disorders (ED) and especially patients with AN have difficulties in the perception of bodily signals (interoception), mostly assessing interoceptive deficits by self-report or questionnaire [interoceptive sensibility (IS); see Ref. (5–8)].

Interoception is understood as the body-to-brain axis of sensation concerning the state of the internal body and its visceral organs (9, 10). The general concept of interoception includes two forms of perception: proprioception (signals from the skin and musculoskeletal apparatus) and viscероception [signals from the inner organs like heart rate, breath, and hunger (9–13)]. Interoceptive accuracy (IA) is one way of quantifying interoceptive processes. This variable describes the ability to perceive or detect bodily internal signals [e.g., heartbeat, respiratory, or gastric signals (9, 12, 14)]. Many studies found interindividual differences regarding the perception of cardiovascular (15–18) and gastrointestinal signals (19), with an observed significant overlap between accurate detection of heartbeats and gastrointestinal signals (20, 21), suggesting a general accuracy for visceral processes across different modalities.

The individual differences to perceive internal bodily signals can be characterized as a trait-like sensitivity toward one's visceral signals, which are understood as long-term results of "visceral" learning processes depending on autonomic reactivity during different situations of daily life that evoke substantial changes in autonomic activity (13, 22). Several studies used different methods to manipulate autonomic cardiovascular activity and to achieve a modulation of them (13, 21, 23–25). Recent findings stem from research in which tasks were used that provoked an increased focus on the self-aspect and enhanced aspect of self-processing (26). A similar effect was observed when participants gazed at a photograph of their own face or at self-relevant words (27).

Garfinkel and Critchley (28) highlighted the necessity to distinguish between different levels of interoceptive processes, suggesting the term IA when referring to behavioral testing such as performance on heartbeat perception tests, IS when referring to subjective beliefs about the individual perception of bodily internal signals like hunger and satiety, and metacognitive awareness when assessing confidence-accuracy correspondence. Referring to existing literature and having these definitions in mind, the question whether interoceptive processes are abnormal in AN becomes more complex. Although disturbances in IS as assessed by questionnaire are very common in AN [e.g., Ref. (6, 7)], deficits in IA are found less consistently (5, 29). Concerning interoceptive processes in ED, a recent study by Pollatos and Georgiou (30) could demonstrate that bulimic patients show an inverse correlation between different levels of interoceptive processes as measured by IA and IS, which is not the case for healthy controls. A former study in anorectic patients could also demonstrate that both IA and IS were reduced in anorectic patients, yet interestingly both aspects were not correlated (5). This could imply that IA and IS might describe rather different and presumably independent levels of perceiving the own bodily signals. Mehling et al. (31) emphasize that subjective beliefs are related with cognitive processes such as attention, appraisal, belief, memories, and attitudes (31) as well as usually cover a large variety of internal bodily signals, while typical tasks measuring IA target presumably the heartbeat, or other single internal systems such as respiratory or gastric signals (32). These results suggest that several levels of interoceptive signal processing might be affected differentially in AN.

In a recent study, McFadden et al. (33) reported alterations in brain activation patterns contrasting anorectic females and recovered anorectics. They reported that the alterations in the default network observed only in women with AN suggest state-dependent abnormalities that could be related to altered interoception and body image in these women when they are underweight but that remit following recovery. These results suggest that certain aspects of interoceptive processes may be altered during therapy, while others remain affected. The question whether different aspects of interoception including IA and IS change during the time course of therapy and whether this effect is driven by an increase in body weight has, to our knowledge, not been addressed yet and should be elucidated in this study. Although there is evidence for improvement of IS following therapy (6), research on possible improvement of IA in AN during therapy is still lacking. Therefore, the current study investigated anorectic patients from the Psychosomatic Clinic Windach am Ammersee during the time course of stationary therapy and compared them with matched healthy controls. We hypothesized that patients with AN show an increase of IA and IS over time by a cognitive-behavioral therapy in comparison to healthy controls.

MATERIALS AND METHODS

Participants

Fifteen female patients who met the criteria for AN as defined by the International Classification of Disease 10 (ICD-10) criteria were recruited from the Psychosomatic Clinic Windach am Ammersee, Germany. The patients' diagnoses were determined according to ICD-10 criteria based on semi-structured clinical interviews administered by a senior staff member. All participants received a cognitive-behavioral therapy with special attention to maladaptive emotional processes and the systemic context. They took part in a group therapy and additional individual therapy sessions. Aim of the in-patient intervention is a normalization of the eating behavior and an adequate body weight [minimum body mass index (BMI) of 19]. In addition, therapists target etiological factors for development and maintenance of AN. The therapeutic concept includes aspects of confrontation and aim at interrupting as well as alternative handling of the problematic eating behavior. The three predetermined meals per day were

administered together with all members of the group therapy. At the beginning of therapy, participants had to stop all intake of aperients or diuretics. The patients agreed with the therapists on an individual target weight and a weight gain of 700 g/week. If the patients fail this goal more than twice, they have to take a break from the therapy with the opportunity of resumption. Adjuvant other therapies like art therapy, body therapy, or nutrition counseling are part of the treatment concept.

Interoceptive accuracy, IS, and possible confounding variables such as BMI and depression score were assessed for three times based on the therapy process at the beginning (T1), after 4–6 weeks following an increase of two BMI points (T2), and at the end of therapy (T3). Other experimental tasks and measurements also taken are not reported here. Patients with AN started with the study in the first or second week of their therapy. The last assessment was after 12–14 weeks, based on the average duration of the patients stay. Patients with AN had an mean age of 27.4 years (SD = 7.8) and mean BMI of 15.7 (SD = 1.3, see **Table 1**) at T1. Furthermore, patients reported their educational level choosing between (1) without any educational qualification ($n = 1$); (2) secondary general school certificate ($n = 1$); (3) intermediate school certificate ($n = 5$); (4) entrance qualification for technical college ($n = 5$); and (5) entrance qualification for university ($n = 3$). Concerning former therapy experience, four patients had once and one patient had twice therapy in an ambulant setting, additionally four patients were once, five patients twice, and one patient more than three times in a hospital treatment before.

Concerning comorbidities, four patients had a depression and were treated with antidepressants (SSRIs), and one patient had a personality disorder (borderline). Referring to the Beck Depression Inventory (BDI) scores, additional seven patients expressed increased depressive symptoms without fulfilling the criteria for a depressive episode (BDI > 20). Three patients were treated because of the following somatic disorders: one patient because of hypothyroidism, one because of tension headache, and one because of gastritis. In addition, six patients took some dietary supplements (e.g., iron-rich pills). Finally, patients with any purging at the moment or former diagnosis of bulimia nervosa were excluded, resulting in patients with a restricting type of AN only.

The control sample consisted of 15 healthy females recruited by staff or students at Ulm University. These healthy controls were matched according to age and educational level. At the end of the study, they received a compensation of € 20. In the control group, the mean age was 27.9 (SD = 7.6), mean BMI was 21.0 (SD = 1.8), and mean educational level was 3.4 (SD = 0.9) at T1. Regarding the BDI value, none of the participants showed a pathological value (BDI > 8). Exclusion criteria assessed by an anamnestic questionnaire were any kind of medication intake (except of contraceptives), past or current disorders regarding eating disorder, other psychiatric as well as somatic disorders.

TABLE 1 | Descriptive variables of AN patients and controls at T1.

	AN	Controls	*t* (df = 28)	*p*
	Mean (SD)	Mean (SD)		
Age (years)	27.4 (7.8)	27.9 (7.6)	−0.19	0.851
Education	3.13 (1.0)	3.4 (0.9)	−1.01	0.319
BMI	15.7 (1.3)	21.0 (1.8)	−9.17	<0.001
IA	0.53 (0.1)	0.70 (0.2)	−3.73	0.002
IS (EDI-2)	35.47 (6.7)	21.60 (4.5)	6.65	<0.001
BDI-II	25.0 (11.0)	4.6 (1.7)	7.09	<0.001

AN, anorexia nervosa; BMI, body mass index; IA, interoceptive accuracy; IS, interoceptive sensibility; BDI-II, Beck Depression Inventory-II.

Ethics Statement

The study was carried out in accordance with the Declaration of Helsinki; ethical approval was obtained from the Institutional Review Board of the Ulm University. Before testing, informed consent was obtained.

Instruments

An anamnestic questionnaire explored health status and personal data (e.g., age, educational background). All participants received a questionnaire battery with standard psychological questionnaires.

Interoceptive accuracy was assessed by the Mental Tracking Method by Schandry (34). The task started with a short training interval of 10 s, which was followed by three intervals of 25, 45, and 35 s. During these intervals, participants should focus on their heartbeat, count them silently, and report the counted heartbeats verbally. They had no information about the length of these intervals, and the supervisor gave the start/stop signal for each interval. Furthermore, participants were instructed to sit relaxed and not to talk as well as not to evaluate their pulse or use other manipulating strategies to support the perception of their heartbeats. For the objective measurement of heartbeats, the POLAR RS800CX heart rate monitor (Polar Electro Oy, Kempele, Finland, sampling rate of 1000 Hz) was used. The advantage of this sports watch is the easy and non-invasive use as well as the valid and reliable recording compared to other ECG measurement devices (35–37). The corresponding Polar Pro Trainer 5 Software (version 5.40.172) was used to perform analyses of the cardiovascular signals. Finally, a mean heartbeat perception score or interoception score was calculated, which includes a ratio between the objective/recorded and the subjective/counted heartbeats. Therefore, the following transformation was approved:

$$\frac{1}{3}\sum\left(1-\frac{\left(\left|\text{recorded heartbeats}-\text{counted heartbeats}\right|\right)}{\text{recorded heartbeats}}\right)$$

Interoceptive accuracy scores range from 0 to 1, with higher scores indicating small differences between the counted and recorded heartbeats and consequently a better IA. Several studies reported mean heartbeat detection scores varying between 0.65 and 0.70, e.g., Kever et al. (38) reported a mean score of 0.69 (SD = 0.18, range = 0.16–1.00) in more than 400 healthy participants [see also Ref. (39–41)]. The heartbeat perception method is well validated and has a good test–retest reliability (34, 42, 43).

For investigation of IS, we administered the subscale "interoceptive awareness" from the Eating Disorder Inventory-2 [EDI-2; (44, 45)]. This subscale comprises the subjective identification of bodily signals, especially hunger and satiety. Questions are rated on a six-point scale, ranging from 1 (never) to 6 (always). High

scores indicate problems in IS. The median value for female healthy participants is 22.0 for the subscale of "interoceptive awareness." In comparison to healthy controls, patients with AN (restricting type) show a median value of 32.0 referring to Paul and Thiel (45).

The BDI-II quantifies depressive symptoms in the last week on a four-point rating scale [0 = not at all, 3 = always; (46)]. This widely used and well-validated 21-item self-report inventory of depressive symptomatology provides scores ranging from 0 to 63. The Cronbach's α for the questionnaire differs between $0.84 \leq \alpha \leq 0.94$ for clinical and non-clinical samples (47–51).

Procedure

First, the staff verbally informed the patients about the study. Then the patients received and signed the written information. Referring to the patients, the data took place in a separate, quiet room of the hospital at all three measurements time points. Controls were tested at the laboratories of the Clinical and Health Psychology Department in Ulm. Both groups were examined individually and tested three times based on the patients therapy process at the beginning (T1), after 4–6 weeks (T2), and at the end of therapy (T3).

The study started with the questionnaires prior to each testing session. Then the assessment of IA took place. At the end of each session, the staff assessed weight and size of the participants. Each session lasted about 45 min.

Statistical Analysis

Group differences in age, BMI, IA, IS, and BDI-II were examined at T1 using *t*-tests. Change in the time course of therapy was assessed by repeated measures ANOVAs with *group* (AN group vs. control group) as between factor and *time* as within-subject factor in BMI, IA, IS, and BDI. Additional *post hoc* analyses were performed to examine differences between both groups for the different measurements. In addition, we reported η^2 (eta-squared). Values less than 0.06 indicate small effects, between 0.06 and 0.14 mean medium effects, and higher than 0.14 announce large effects.

All statistical analyses were performed using Statistical Packages for Social Science (SPSS, version 21). A *p*-value less than 0.05 describes a significant result. If variances showed a difference in the Mauchly Test, the Greenhouse–Geisser correction values were used and uncorrected degrees of freedom were depicted.

RESULTS

Sample Description and Questionnaire Data at T1

The relevant sample characteristics obtained from both participant groups are shown in **Table 1**. Results represent age, education, BMI, the performance in heartbeat perception (IA), scores in the subscale "interoceptive awareness" from the EDI-2 (IS), and BDI-II of the baseline measurement.

Anorectic patients had a significantly lower BMI, were less accurate in detecting their heartbeats (IA), reported more problems in IS as reflected in higher EDI scores, and scored higher in depression than healthy controls. No significant difference for educational level and age was observed. At the beginning of therapy, the difference between the two participant groups regarding BMI, IA, IS, and BDI-II was statistically significant.

Change in BMI Over Time

The body weight among patients with AN recovered to almost normal range (see **Figure 1**) during an average of 12–14 weeks of therapy as assessed at three measurement points. At the beginning, the mean BMI of patients with AN was 15.72 (SD = 1.27) and increased to 18.25 (SD = 0.97) until the end of therapy. The analysis of variance on BMI revealed a main effect of *time course* [$F(2, 56) = 81.02$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.74$], a main effect of *group* [$F(1, 28) = 50.73$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.64$], and a *time* × *group* interaction [$F(2, 56) = 93.35$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.77$]. BMI of patients with AN increased over time, whereas BMI of healthy controls remained stable. *Post hoc* analyses among patients with AN showed significant differences in terms of BMI and the point of measurement (T1–T2: $p < 0.001$; T1–T3: $p < 0.001$; T2–T3: $p < 0.001$). As expected, the control group revealed no significant alteration for the BMI between the points of measurement (T1–T2: $p = 1.00$; T1–T3: $p = 0.94$; T2–T3: $p = 1.00$).

Change in IA Over Time

The mean IA scores of both groups (AN group and healthy controls) measured at three points in time are depicted in **Figure 2**.

The repeated measures ANOVA revealed a significant main effect of *group* [$F(1, 28) = 5.99$, $p = 0.021$; $\eta^2 = 0.18$]: mean IA was significantly lower in AN at all three measurement points [mean T1 = 0.53 (SD = 0.13), mean T2 = 0.60 (SD = 0.15), and mean T3 = 0.60 (SD = 0.18)] as compared to healthy controls [mean T1 = 0.70 (SD = 0.15), mean T2 = 0.70 (SD = 0.19), and mean T3 = 0.69 (SD = 0.16)]. No significant main effect of *time course* [$F(2, 56) = 0.92$, $p = 0.40$; $\eta^2 = 0.03$] and no *time* × *group* interaction [$F(2, 56) = 1.29$, $p = 0.28$; $\eta^2 = 0.04$] were observed. Thus, there are no changes in IA over time for both groups.

Change in IS (EDI-2) Over Time

Interoceptive sensibility was measured by EDI-2 with higher scores indicating problems in IS. Results are depicted in **Figure 3**.

A significant main effect of *group* [$F(1, 28) = 29.02$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.51$] revealed more problems in IS in anorectic patients as compared to healthy controls. Furthermore, we observed a trend toward a main effect of *time course* [$F(2, 56) = 3.17$, $p = 0.06$; $\eta^2 = 0.10$] and toward a *time* × *group interaction* [$F(2, 56) = 2.86$, $p = 0.07$; $\eta^2 = 0.09$]. Problems in IS decreased in time course among patients with AN [mean T1 = 35.47 (SD = 6.72), mean T2 = 32.73 (SD = 9.06), and mean T3 = 31.80 (SD = 7.78)], whereas IS differed only slightly among healthy controls [mean T1 = 21.60 (SD = 4.48), mean T2 = 22.60 (SD = 5.26), and mean T3 = 21.07 (SD = 3.81); see **Figure 3**].

Exploratory *post hoc* analyses revealed that there are no significant differences for the AN group regarding the measurements from T1 to T2 ($p = 0.31$) and T2 to T3 ($p = 0.97$), but

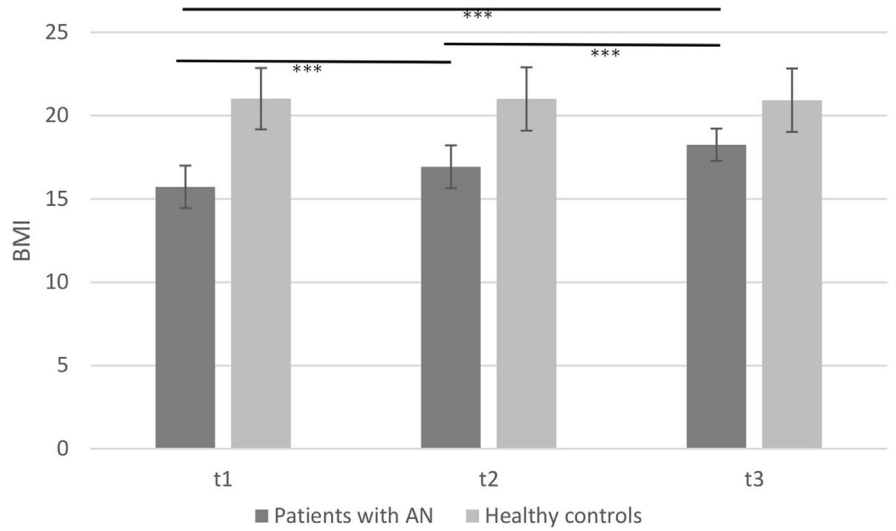

FIGURE 1 | Mean body mass index of patients with anorexia nervosa compared to healthy controls in the time course of therapy (*$p < 0.001$; note: significant group differences present at all time points are not marked here)**.

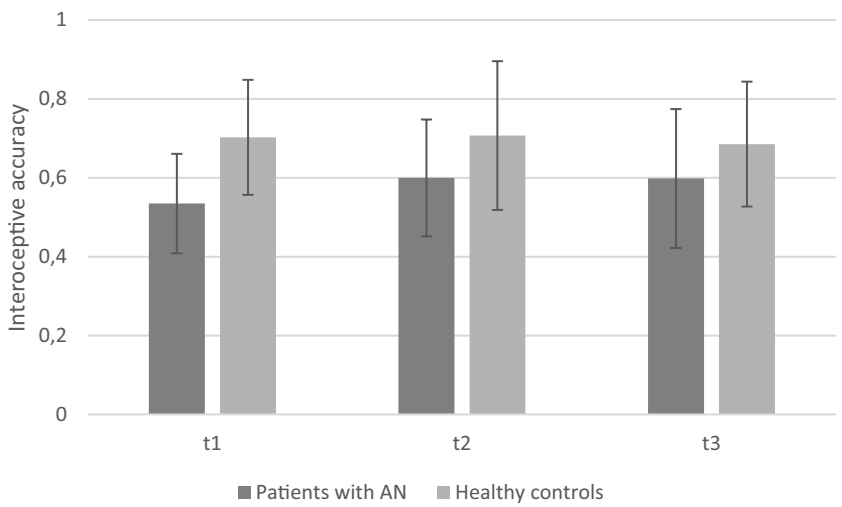

FIGURE 2 | Mean interoceptive accuracy of patients with anorexia nervosa compared to healthy controls depicting the three measurement points (note: significant group differences present at all time points are not marked here).

there is a marginal significant difference from T1 to T3 ($p = 0.06$). No significant differences were found among healthy controls (T1–T2: $p = 1.00$; T1–T3: $p = 1.00$; T2–T3: $p = 0.44$).

Change in Depressive Symptoms (BDI-II) Over Time

Higher scores in BDI-II indicate depressive symptoms. Mean scores contrasting anorectic and controls in the time course are depicted in **Figure 4**.

There were significant main effects of *group* [$F(1, 28) = 45.14$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.62$], *time course* [$F(2, 56) = 17.72$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.39$], and a *time* × *group interaction* [$F(2, 56) = 15.78$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.36$]. Although the control group had a lower score during all three time points (see **Figure 4**), the AN group scored significantly higher on the BDI-II at time points T1, T2, and T3 [mean T1 = 25.00 (SD = 11.02), mean T2 = 21.13 (SD = 10.20), and mean T3 = 13.6 (SD = 7.90)]. This score decreased during therapy in the AN group. The *post hoc* testing showed no significant differences between T1 and T2 ($p = 0.16$). Nevertheless, there was a significant change from T1 to T3 ($p < 0.001$) and from T2 to T3 ($p = 0.002$) indicating that therapy induced an improvement of depressive symptoms for the AN group. Healthy controls showed no significant changes during the three measurements in the time course of 3 months [$F(2, 28) = 0.37$, $p = 0.69$].

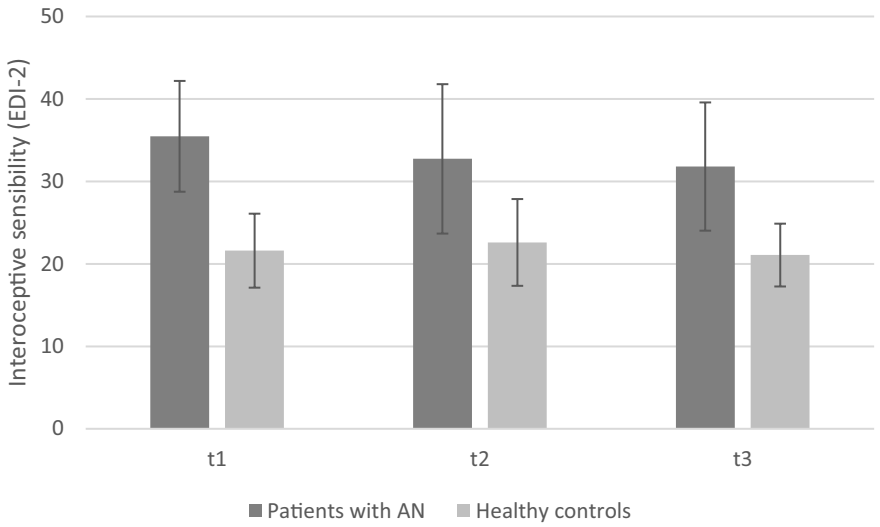

FIGURE 3 | **Mean interoceptive sensibility of patients with anorexia nervosa compared to healthy controls depicting the three measurement points (note: significant group differences present at all time points are not marked here)**.

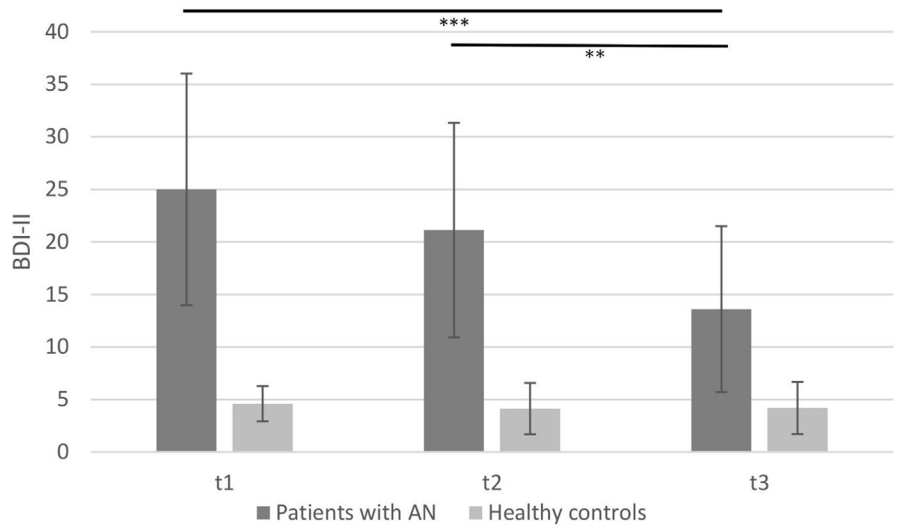

FIGURE 4 | **Mean Beck Depression Inventory-II of patients with anorexia nervosa compared to healthy controls depicting the three measurement points (**$p < 0.01$, ***$p < 0.001$; note: significant group differences present at all time points are not marked here)**.

DISCUSSION

This study investigated interoceptive processes in patients with AN in the time course of cognitive-behavioral therapy. Interoceptive processes were affected in anorectic patients, as measured in terms of IA and IS. Although we found some evidence for improvement in both IA and IS in anorectics in the time course of therapy, these effects were rather small and partly not consistent. Interpreting these results, it is important to notice that significant deficits in interoception remained in AN, while there were clear improvements referring to depressive symptoms or body weight.

Problems in self-reported IS were increased in anorectic patients, supporting earlier studies showing, e.g., a decreased ability to discriminate hunger and satiety in persons with different ED (6, 7, 29, 52). Moreover, Bruch (53) has postulated that a disturbed IS is a fundamental deficit among patients with AN. Following therapy, anorectic patients showed a trend toward an improvement in IS, especially when comparing T1 with T3. These findings are in accordance to previous studies suggesting that IS improved after therapy in AN. For example, Matsumoto et al. (6) found that anorectic patients had fewer problems in IS after therapy.

We observed a descriptive increase in IA as assessed by heartbeat perception from T1 to T2 in anorectic females, but this change did not reach significance, and there was no further improvement from T2 to T3. This result suggests that IA remains affected in AN in the time course of cognitive-behavioral therapy, probably creating a risk factor for ongoing disturbed processing of bodily signals. One can assume that observed deficits could be transferred to the perception of bodily signals in general, including sensitivity of bodily signals like hunger and satiety. This disturbed IA in patients with AN is in line with our findings showing a reduced IA for AN patients compared to the healthy controls (16).

To our knowledge, this is the first study examining possible changes in IA and related variables throughout the time course of therapy in patients with AN. One study that investigated IA in women recovered from bulimia nervosa in comparison to healthy controls also found an existing deficit in IA after therapy (54). Our study and the results from the study by Klabunde et al. (54) allow the conclusion that IA is a trait-like variable with ongoing disturbances in patients who suffered from AN that might act as a vulnerability factor for frequent relapses of patients with AN. Therefore, we need further research and more specific interventions to train and improve IA (e.g., biofeedback or bodily self-focused attention tasks).

First evidence indicates that IA can be improved in persons with rather low IA when they attend to their self as operationalized with looking in the mirror (26). Weisz et al. (55) used the same self-focused attention and showed partly an increase of IA. The presence of a mirror showed an effect on heartbeat discrimination, but not in terms of the heartbeat tracking performance. In further research, both methods should be critically discussed. Maybe it is easier for the participants to focus on the sound of the heartbeat in the heartbeat discrimination task, whereas at the heartbeat tracking task, participants' beliefs about average heart rate might be reflected instead of focusing on the perception of their own heartbeat.

As we observed both deficits in IA and IS in AN, one can conclude that both aspects of interoceptive processes were affected in the same direction in this sample. Although changes in both subdomains were rather small, there was a trend toward an increase in IS in AN at T3, while the descriptively highest change in IA occurred between T1 and T2. These different time lines might suggest that the investigated both interoceptive domains might recover in a distinct order and might be related to different aspects of therapy. Whether other modalities such as gastrointestinal system that is closer related to eating pathology is also affected in the same extent like the investigated cardiovascular system is not yet clear, suggesting that other experimental measures like the waterload paradigm (21) might be useful in combination to the heartbeat detection task. A complex interaction between different modalities of internal systems was described by a recent study in panic disorder patients (56). Limmer et al. (56) reported an increased accuracy for cardiac signals alone, whereas IA for other internal signals like assessed skin conductance changes was perceived attenuated as compared to healthy controls.

Several strengths and limitations of this study should be noted. First, we examined a well-selected sample of patients with AN and without bulimia as well as matched healthy controls according to age and educational background. To our knowledge, this is the first study evaluating IA in time course of therapy. One limitation of this study is the small sample size due to the restrictive inclusion criteria obtained for study participants. Therefore, more data are needed to support these results. Furthermore, different comorbid symptoms like depression might interact with observed results, as some studies could demonstrate difficulties in IA for patients with depression (57) or a negative relationship between IA and depression in healthy participants (58). To sum up, our study established that IA did not improve or alter in patients with AN after successful therapy. Future studies should use longer follow-ups and additionally examine whether an increase in IA helps differentiating between relapsed and recovered patients.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

SW, GB, MZ, TK, and OP designed the study. SW collected the data from the clinical group and DF collected the data from the control group. DF and OP conducted literature searches, provided summaries of previous research, and wrote first draft of the manuscript as well as conducted the statistical analyses. All the authors, DF, SW, GB, MZ, TK, and OP, wrote parts of the discussion section and contributed to and have approved the final manuscript.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank all staff members of the hospital Windach am Ammersee as well as the secretaries, the nursing, and medical doctors who supported the project. The authors also want to thank all students and student assistants who were involved in assessing and postprocessing of data.

REFERENCES

1. Bulik CM, Reba L, Siega-Riz AM, Reichborn-Kjennerud T. Anorexia nervosa: definition, epidemiology, and cycle of risk. *Int J Eat Disord* (2005) 37:2–9. doi:10.1002/eat.20107
2. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV*. 4th ed. Washington, DC: American Psychiatric Association (1994).
3. World Health Organization. *The ICD-10 Classification of Mental and Behavioural Disorders: Diagnostic Criteria for Research*. Geneva, Switzerland: World Health Organization (1993).
4. Fairburn CG, Harrison PJ. Eating disorders. *Lancet* (2003) 361:407–16. doi:10.1016/S0140-6736(03)12378-1
5. Pollatos O, Kurz AL, Albrecht J, Schreder T, Kleemann AM, Schöpf V, et al. Reduced perception of bodily signals in anorexia nervosa. *Eat Behav* (2008) 9:381–8. doi:10.1016/j.eatbeh.2008.02.001
6. Matsumoto R, Kitabayashi Y, Narumoto J, Wada Y, Okamoto A, Ushijima Y, et al. Regional cerebral blood flow changes associated with interoceptive awareness in the recovery process of anorexia nervosa. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* (2006) 30:1265–70. doi:10.1016/j.pnpbp.2006.03.042
7. Fassino S, Pieró A, Gramaglia C, Abbate-Daga G. Clinical, psychopathological and personality correlates of interoceptive awareness in anorexia

nervosa, bulimia nervosa and obesity. *Psychopathology* (2004) 37:168–74. doi:10.1159/000079420
8. Herbert BM, Pollatos O. Attenuated interoceptive sensitivity in overweight and obese individuals. *Eat Behav* (2014) 15:445–8. doi:10.1016/j.eatbeh.2014.06.002
9. Cameron OG. Interoception: the inside story – a model for psychosomatic processes. *Psychosom Med* (2001) 63:697–710. doi:10.1097/00006842-200109000-00001
10. Craig AD. How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nat Rev Neurosci* (2002) 3:655–66. doi:10.1038/nrn894
11. Barrett LF, Quigley KS, Bliss-Moreau E, Aronson KR. Interoceptive sensitivity and self-reports of emotional experience. *J Pers Soc Psychol* (2004) 87:684–97. doi:10.1037/0022-3514.87.5.684
12. Herbert BM, Pollatos O. Interozeptive Sensitivität, Gefühle und Verhaltensregulation. *Zeitschrift für Neuropsychologie* (2008) 19:125–37. doi:10.1024/1016-264X.19.3.125
13. Herbert BM, Pollatos O. The body in the mind: on the relationship between interoception and embodiment. *Top Cogn Sci* (2012) 4:692–704. doi:10.1111/j.1756-8765.2012.01189.x
14. Vaitl D. Interoception. *Biol Psychol* (1996) 42:1–27. doi:10.1016/0301-0511(95)05144-9
15. Critchley HD, Mathias CJ, Josephs O, O'Doherty J, Zanini S, Dewar BK, et al. Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence. *Brain* (2003) 126:2139–52. doi:10.1093/brain/awg216
16. Pollatos O, Kirsch W, Schandry R. On the relationship between interoceptive awareness, emotional experience, and brain processes. *Cogn Brain Res* (2005) 25:948–62. doi:10.1016/j.cogbrainres.2005.09.019
17. Pollatos O, Schandry R, Auer DP, Kaufmann C. Brain structures mediating cardiovascular arousal and interoceptive awareness. *Brain Res* (2007) 1141:178–87. doi:10.1016/j.brainres.2007.01.026
18. Pollatos O, Gramann K. Attenuated modulation of brain activity accompanies emotion regulation deficits in alexithymia. *Psychophysiology* (2012) 49:651–8. doi:10.1111/j.1469-8986.2011.01348.x
19. Herbert BM, Muth ER, Pollatos O, Herbert C. Interoception across modalities: on the relationship between cardiac awareness and the sensitivity for gastric functions. *PLoS One* (2012) 7:e36646. doi:10.1371/journal.pone.0036646
20. Whitehead WE, Drescher VM. Perception of gastric contractions and self-control of gastric motility. *Psychophysiology* (1980) 17:552–8.
21. Herbert BM, Herbert C, Pollatos O, Weimer K, Enck P, Sauer H, et al. Effects of short-term food deprivation on interoceptive awareness, feelings and autonomic cardiac activity. *Biol Psychol* (2012) 89:71–9. doi:10.1016/j.biopsycho.2011.09.004
22. Herbert BM, Blechert J, Hautzinger M, Matthias E, Herbert C. Intuitive eating is associated with interoceptive sensitivity. Effects on body mass index. *Appetite* (2013) 70:22–30. doi:10.1016/j.appet.2013.06.082
23. Pollatos O, Herbert BM, Kaufmann C, Auer DP, Schandry R. Interoceptive awareness, anxiety and cardiovascular reactivity to isometric exercise. *Int J Psychophysiol* (2007) 65:167–73. doi:10.1016/j.ijpsycho.2007.03.005
24. Herbert BM, Pollatos O, Schandry R. Interoceptive sensitivity and emotion processing: an EEG study. *Int J Psychophysiol* (2007) 65:214–27. doi:10.1016/j.ijpsycho.2007.04.007
25. Schandry R, Bestler M, Montoya P. On the relation between cardiodynamics and heartbeat perception. *Psychophysiology* (1993) 30:467–74. doi:10.1111/j.1469-8986.1993.tb02070.x
26. Ainley V, Tajadura-Jimenez A, Fotopoulou A, Tsakiris M. Looking into myself: the effect of self-focused attention on interoceptive sensitivity. *Psychophysiology* (2012) 49:1504–8. doi:10.1111/j.1469-8986.2012.01468.x
27. Ainley V, Maister L, Brokfeld J, Farmer H, Tsakiris M. More of myself: manipulating interoceptive awareness by heightened attention to bodily and narrative aspects of the self. *Conscious Cogn* (2013) 22:1231–8. doi:10.1016/j.concog.2013.08.004
28. Garfinkel SN, Critchley HD. Interoception, emotion and brain: new insights link internal physiology to social behaviour. Commentary on: "anterior insular cortex mediates bodily sensibility and social anxiety" by Terasawa et al. *Soc Cogn Affect Neurosci* (2013) 8:231–4. doi:10.1093/scan/nss140
29. Eshkevari E, Rieger E, Musiat P, Treasure J. An investigation of interoceptive sensitivity in eating disorders using a heartbeat detection task and a self-report measure. *Eur Eat Disord Rev* (2014) 22:383–8. doi:10.1002/erv.2305
30. Pollatos O, Georgiou E. Normal interoceptive accuracy in women with bulimia nervosa. *Psychiatry Res* (2016) 240:328–32. doi:10.1016/j.psychres.2016.04.072
31. Mehling WE, Gopisetty V, Daubenmier J, Price CJ, Hecht FM, Stewart A. Body awareness: construct and self-report measures. *PLoS One* (2009) 4:e5614. doi:10.1371/journal.pone.0005614
32. Garfinkel SN, Seth AK, Barrett AB, Suzuki K, Critchley HD. Knowing your own heart: distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness. *Biol Psychol* (2015) 104:65–74. doi:10.1016/j.biopsycho.2014.11.004
33. McFadden KL, Tregellas JR, Shott ME, Frank GK. Reduced salience and default mode network activity in women with anorexia nervosa. *J Psychiatry Neurosci* (2014) 39:178–88. doi:10.1503/jpn.130046
34. Schandry R. Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology* (1981) 18:483–8. doi:10.1111/j.1469-8986.1981.tb02486.x
35. Kingsley M, Lewis MJ, Marson RE. Comparison of polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. *Int J Sports Med* (2004) 26:39–44. doi:10.1055/s-2004-817878
36. Nunan D, Jakovljevic DG, Donovan G, Hodges LD, Sandercock GR, Brodie DA. Levels of agreement for RR intervals and short-term heart rate variability obtained from the polar S810 and an alternative system. *Eur J Appl Physiol* (2008) 103:529–37. doi:10.1007/s00421-008-0742-6
37. Radespiel-Tröger M, Rauh R, Mahlke C, Gottschalk T, Mück-Weymann M. Agreement of two different methods for measurement of heart rate variability. *Clin Auton Res* (2003) 13:99–102. doi:10.1007/s10286-003-0085-7
38. Kever A, Pollatos O, Vermeulen N, Grynberg D. Interoceptive sensitivity facilitates both antecedent-and response-focused emotion regulation strategies. *Pers Individ Dif* (2015) 87:20–3. doi:10.1016/j.paid.2015.07.014
39. Herbert BM, Pollatos O, Flor H, Enck P, Schandry R. Cardiac awareness and autonomic cardiac reactivity during emotional picture viewing and mental stress. *Psychophysiology* (2010) 47(2):342–54. doi:10.1111/j.1469-8986.2009.00931.x
40. Herbert BM, Ulbrich P, Schandry R. Interoceptive sensitivity and physical effort: implications for the self-control of physical load in everyday life. *Psychophysiology* (2007) 44(2):194–202. doi:10.1111/j.1469-8986.2007.00493.x
41. Matthias E, Schandry R, Duschek S, Pollatos O. On the relationship between interoceptive awareness and the attentional processing of visual stimuli. *Int J Psychophysiol* (2009) 72(2):154–9. doi:10.1016/j.ijpsycho.2008.12.001
42. Knoll JF, Hodapp V. A comparison between two methods for assessing heartbeat perception. *Psychophysiology* (1992) 29(2):218–22. doi:10.1111/j.1469-8986.1992.tb01689.x
43. Mussgay L, Klinkenberg N, Rüddel H. Heart beat perception in patients with depressive, somatoform, and personality disorders. *J Psychophysiol* (1999) 13(1):27. doi:10.1027/0269-8803.13.1.27
44. Garner DM. *Eating Disorder Inventory 2*. Firenze: Organizzazioni Speciale (1984).
45. Paul T, Thiel A. *Eating Disorder Inventory-2, Deutsche Version*. Göttingen: Hogrefe (2005).
46. Beck AT, Steer RA, Brown GK. *Beck Depression Inventory-II (BDI-II)*. San Antonio, TX: Harcourt Assessment Inc (1996).
47. Steer RA, Clark DA. Psychometric characteristics of the Beck Depression Inventory-II with college students. *Meas Eval Couns Dev* (1997) 30:128.
48. Steer RA, Kumar G, Ranieri WF, Beck AT. Use of the Beck Depression Inventory-II with adolescent psychiatric outpatients. *J Psychopathol Behav Assess* (1998) 20:127–37. doi:10.1023/A:1023091529735
49. Krefetz DG, Steer RA, Kumar G. Lack of age differences in the Beck Depression Inventory-II scores of clinically depressed adolescent outpatients. *Psychol Rep* (2003) 92:489–97. doi:10.2466/pr0.2003.92.2.489
50. Arnau RC, Meagher MW, Norris MP, Bramson R. Psychometric evaluation of the Beck Depression Inventory-II with primary care medical patients. *Health Psychol* (2001) 20:112. doi:10.1037/0278-6133.20.2.112
51. Kühner PD, Bürger C, Keller F, Hautzinger M. Reliabilität und Validität des revidierten Beck-Depressionsinventars (BDI-II). *Nervenarzt* (2007) 78:651–6. doi:10.1007/s00115-006-2098-7
52. Garner DM, Olmstead MP, Polivy J. Development and validation of a multidimensional eating disorder inventory for anorexia nervosa and bulimia. *Int J Eat Disord* (1983) 2:15–34. doi:10.1002/1098-108X(198321)2:2<15::AID-EAT2260020203>3.0.CO;2-6

53. Bruch H. Perceptual and conceptual disturbances in anorexia nervosa. *Psychosom Med* (1962) 24:187–94. doi:10.1097/00006842-196203000-00009
54. Klabunde M, Acheson DT, Boutelle KN, Matthews SC, Kaye WH. Interoceptive sensitivity deficits in women recovered from bulimia nervosa. *Eat Behav* (2013) 14:488–92. doi:10.1016/j.eatbeh.2013.08.002
55. Weisz J, Bálazs L, ÁDám G. The influence of self-focused attention on heartbeat perception. *Psychophysiology* (1988) 25:193–9. doi:10.1111/j.1469-8986.1988.tb00987.x
56. Limmer J, Kornhuber J, Martin A. Panic and comorbid depression and their associations with stress reactivity, interoceptive awareness and interoceptive accuracy of various bioparameters. *J Affect Disord* (2015) 185:170–9. doi:10.1016/j.jad.2015.07.010
57. Dunn BD, Dalgleish T, Ogilvie AD, Lawrence AD. Heartbeat perception in depression. *Behav Res Ther* (2007) 45:1921–30. doi:10.1016/j.brat.2006.09.008
58. Pollatos O, Traut-Mattausch E, Schandry R. Differential effects of anxiety and depression on interoceptive accuracy. *Depress Anxiety* (2009) 26:167–73. doi:10.1002/da.20504

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2016 Fischer, Berberich, Zaudig, Krauseneck, Weiss and Pollatos. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Artikel III: Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy

Schultchen, D., Zaudig, M., Krauseneck, T., Berberich, G. & Pollatos, O. (2019). Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy. *PLoS ONE, 14*(5), e0217237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237

Copyright: © 2019 Schultchen et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/].

PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy

Dana Schultchen[1]*, Michael Zaudig[2], Till Krauseneck[3], Götz Berberich[2], Olga Pollatos[1]

1 Department of Clinical and Health Psychology, Institute of Psychology and Education, Ulm University, Ulm, Germany, **2** Klinikum Windach am Ammersee, Windach, Germany, **3** kbo-Isar-Amper-Klinikum, Munich-Haar, Germany

* dana.schultchen@uni-ulm.de

Check for updates

OPEN ACCESS

Citation: Schultchen D, Zaudig M, Krauseneck T, Berberich G, Pollatos O (2019) Interoceptive deficits in patients with obsessive-compulsive disorder in the time course of cognitive-behavioral therapy. PLoS ONE 14(5): e0217237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237

Editor: Carles Soriano-Mas, Institut d'Investigacio Biomedica de Bellvitge, SPAIN

Received: January 22, 2019

Accepted: May 7, 2019

Published: May 24, 2019

Copyright: © 2019 Schultchen et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the manuscript. The full data can be found at https://osf.io/8n2yw/?view_only=7a2b1b9b8fb54f7a8b3c060df33f7e01.

Funding: The authors received no specific funding for this work.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

Abstract

Interoception is impaired in different psychiatric disorders and is also associated with emotions. Only one study could show a higher interoceptive accuracy (IAcc) in patients with obsessive-compulsive disorder (OCD). Based on the predictive coding system we assume contrary results, indicating a decreased IAcc in patients with OCD. So far, there is no study investigating the effect of cognitive-behavioral therapy on IAcc in patients with OCD. Therefore, we hypothesize that patients with OCD improve their IAcc during the time course of therapy compared to healthy controls. Twenty-six patients with OCD from the Psychosomatic Clinic in Windach were examined in the time course of cognitive-behavioral therapy. They were compared to 26 matched healthy controls. IAcc via the heartbeat perception task as well as questionnaire data (OCD-, depression- and anxiety symptoms) were assessed. Results showed that IAcc, OCD-, depression- and anxiety symptoms were attenuated in patients with OCD. Patients recovered in the time course of therapy regarding OCD-, depression- and anxiety symptoms. Interoceptive deficits did not change in the time course of cognitive-behavioral therapy. We demonstrated that IAcc is affected in patients with OCD and this deficit does not change during the time course of a standardized therapy. Future studies should investigate, whether an inaccuracy in perceiving one's bodily signals constitutes a risk factor for relapse. Further, it could be examined if IAcc can be increased via self- and body focus interventions in patients with OCD.

Introduction

Interoception is understood as the sensing and representation of signals concerning the internal state of the body [1,2]. There is a growing and ongoing interest in this construct because of the evidence that different mental disorders show impaired interoceptive processes and that mental processes are embodied (e.g., [3–8]). Consequently, an interplay between the mind and physiological states can be assumed.

Moreover, different research findings showed that an increased interoception is associated with an enhanced emotion perception, processing and regulation (e.g., [9–16]). These results are also supported by different emotional theories, indicating that the perception of internal bodily signals is essential for the development of emotions [17–19]. In concordance with these results and theories, neurological studies found similar patterns of brain activity during interoception and emotion elicitation, especially in the anterior insula [20–24]. To conclude, the perception of internal bodily signals, namely interoception, is central to the processing of emotions.

Based on the results of a disturbed interoception in mental disorders and the involvement of the insular cortex in the pathophysiology of obsessive-compulsive disorders (OCD) it is necessary to investigate the relationship between interoception and OCD. Its cardinal features are obsessions, i.e. unwanted and distressing thoughts or urges, and compulsions, i.e. repetitive behaviors that the person feels compelled to perform, typically with a desire to resist [25]. OCD symptoms can include excessive washing, constant checking (e.g., of door locks or electrical appliances), and recurrent, distressing thoughts, for example, of harming loved ones.

Song et al. [26] examined whether the volume of insular cortices of patients with OCD differed in regards to several symptom dimensions. They reported enlarged anterior and reduced posterior insular cortices in patients with OCD. The insular volumetric alterations were more significant in patients with OCD with predominant checking rather than cleaning symptoms when compared to healthy controls. Importantly, the authors suggested that insular morphometric alterations may influence the modulation of interoceptive processing in patients with OCD. So far, there is only one study investigating the relationship between interoception and OCD [27]. Authors reported that patients with OCD were better in interoceptive accuracy (IAcc) as measured by the tapping accuracy task, while less confident and aware of their interoceptive abilities. The authors interpreted their results as evidence that overactive monitoring in OCD extends to the sensing of internal bodily signals.

In contrast, we hypothesized that patients with OCD show a decreased IAcc level in comparison to matched healthy controls. This assumption is based on the theoretical ideas of predictive coding in the context of interoceptive processing (see, e.g. [28–30]). The idea is that people make individual perceptions based on their own working models, so-called priors. In this context, interoceptive signal processing provides an important source of information regarding the evaluation of such priors [28]. The logic of these models is that incoming sensory data are compared with internal models, i.e., the brain's or "top-down" "predictions" about the body and the environmental causes that affect the organism, and thus can lead to "bottom-up" prediction errors (PE) that finally have to be minimized. Using a predictive coding formulation, the ability of interoceptive directed predictions to suppress otherwise inappropriate interoceptive PE allows the individual to infer the autonomic and emotional state of another. Having in mind typical OCD symptoms, patients with OCD regularly realize upcoming thoughts or urges to conduct a specific behavior (e.g., washing hands). When these thoughts are related to compulsive behavior they usually also experience a desire to resist such internal thoughts and urges, associated with anxiety or concern what could happen if they do not engage in compulsive behavior. Interoceptive signals are therefore a source of mistrust and anxiety, resulting in priors or beliefs that determine information from the body as not reliable and thus inadequate for reducing the PE. One possible solution to reduce bodily PE is to rely on other modalities like the visual channel as a compensatory strategy. This might contribute to a greater dependency on input from the external world to understand the causes of sensations evoked by emotionally salient stimuli which contribute to deviations in affective experience.

Former research provides some evidence for the assumption above. For example, empirical data report that patients with OCD show tendencies to doubt their feelings and internal states (e.g., [31,32]). More specific, Shapiro [32] described that patients lost the ability to access internal states and instead use external indicators (e.g., biofeedback) to make conclusions about these states. For example, when patients with OCD had to answer the question whether they had fallen in love with another person, they did not trust their feelings. Instead, they checked external indicators (such as general rules or norms), which represent the feeling of falling in love [32]. Consequently, Shapiro [32] would argue, that patients with OCD fall in love when the partner shows all the right attributes but not because of a feeling.

That these external cues or interpretation are important for patients with OCD is supported by the research of Lazarov and colleagues [33,34]. Based on the theory of Liberman and Dar [35], they assume that patients with OCD display a decreased sense of subjective confidence and this leads to a higher focus on external "proxies" (i.e., opportunities to prove internal states) to compensate their deficits regarding inner subjective experience [34]. Results indicate that patients with OCD perform poorly on tasks with a focus on inner subjective feelings or states, in comparison to healthy controls. However, if they have the opportunity to use external proxies (e.g., biofeedback), they improve their task performance compared to healthy controls. Lazarov and co-workers [33] observed similar results with a non-clinical sample differentiating between low and high OCD tendencies. Furthermore, research showed that participants with high OCD tendencies relied on false feedback from biofeedback instead of their own internal state of relaxation [33]. This tendency could also be confirmed in the clinical sample [34]. We therefore follow that patients with OCD exhibit disturbances in the complex integration of information from interoceptive and exteroceptive channels resulting in severe deviations of affective experience of oneself and others. The perception of interoceptive signals is assumed to be reduced. One of the reason could be that typical OCD symptoms such as the occurrence of intrusive thoughts as well as the distrust of patient's attention, perception and senses might lead to a distraction from heart rate counting or other mindfulness processes with a focus on internal bodily signals [36–40].

To sum up, interoceptive alternations might affect priors that determine information from the body as not reliable and thus are deemed inadequate for updating the prior and reducing the predictive error. As suggested by Lazarov and colleagues [33,34], one possible solution to reduce bodily predictive error from the view of a patient with OCD is to rely on other external modalities such as biofeedback as a compensatory strategy. Based on these findings, we will first investigate our assumption that IAcc, which is defined as the objective performance marker for interoception, is diminished in OCD. It should be noted that this hypothesis is not in line with the data of Yoris et al. [27]. Second and not investigated until now, we will examine the effect of cognitive-behavioral therapy for OCD on IAcc. Based on the assumed positive effects of cognitive-behavioral therapy, we hypothesized that patients with OCD would improve their IAcc during the time course of therapy compared to healthy controls. We also assessed OCD-, depression- and anxiety symptoms to identify possible working mechanism of the therapy, as well as potential factors influencing IAcc throughout the course of therapy.

Materials and methods

Participants

Twenty-six patients with OCD (14 males; all Caucasian ethnicity) were recruited from the Psychosomatic Clinic Windach am Ammersee after admission as well as after agreement of therapist and patient. Their diagnoses were determined based on the International Classification of Diseases by using semi-structured clinical interviews, which were conducted by senior staff

members. Mean age in the OCD group was 28.6 years (*SD* = 7.2). Exclusion criteria were comorbidity with other psychotic disorders and intake of beta-blockers. Seventeen patients received antidepressant medication (SSRIs, tricyclic antidepressants), one took neuroleptic medication and one benzodiazepine; nine patients did not receive psychotropic medication. Additionally, other drugs were taken regularly, including four patients receiving thyroid hormones, one contraceptive and two asthma medication (partially on demand). Five patients were adjusted during the therapy. In another two patients, the depressed medication was started. Comorbidities included mostly depression (n = 13), followed by anorexia nervosa (n = 2), panic disorder (n = 1), social phobia (n = 1) and somatic disorder (n = 1).

All patients took part in the cognitive-behavioral inpatient therapy program of the clinic with a particular focus on emotion-, mindfulness- and body-related therapy. The program consists of an intensive group- and individual therapy elements. The central part includes a 2-week period of exposure therapy (flooding) towards the trigger of obsessive or compulsive symptoms and systemic interventions. Additionally, the therapy pays attention to maladaptive emotional processes, the systemic context, mindfulness meditation (i.e., breathing meditation and body scan), schema therapy as well as body psychotherapy. If needed, patients will also receive medication, which mostly includes antidepressants (such as SSRI). The whole therapy lasts between 8 and 10 weeks.

Twenty-six healthy controls were recruited by advertisement in local newspapers and from staff or students at the Ulm University. They were matched according to age, sex, and educational background. Controls had a mean age of 26.5 (*SD* = 5.6). None of them took medication (except contraceptives), had past or current psychiatric disorders or severe somatic illness as assessed by an anamnestic questionnaire. Both groups did not differ significantly in age ($t(50) = 1.16$, $p = .25$). Patients and controls received a compensation of € 20 for their participation and were only included in the data analyses if they participated in all three measurements and patients with OCD successful finished their therapy (inclusive of flooding).

Design

Experiments were conducted by the Declaration of Helsinki with the approval of the Institutional Review Board of Ulm University. All participants were informed verbally and in writing about the study by staff and received written information about the experiment. Next, participants had to sign the informed consent form to take part in the study. They were tested individually in a separate, quiet room of the clinic. Controls were examined at the laboratories of the Clinical and Health Psychology Department at Ulm University. To capture changes in different variables throughout the time course of therapy, patients were investigated three times based on the therapy-process, i.e., at the beginning (T1), after 4–6 weeks (T2) and at the end after flooding/exposure therapy (after 8–10 weeks, T3). Patients and controls started to fill out the questionnaires prior to each testing session. In the following, we will refer to a subset of data including OCD-, depression- and anxiety symptoms. Current OCD severity was assessed using the Yale-Brown Obsessive Compulsive Scale (Y-BOCS; [41,42]). Results were only reported for patients with OCD because it is not appropriate to use the scale in a healthy sample. Other assessments were the Beck Depression Inventory (BDI; [43]) to assess depression symptoms and the trait version of the Spielberger State-Trait Anxiety Inventory (STAI; [44]) to quantify the anxiety level.

It should be noted that the questionnaires were integrated to identify the possible confounding character. After completing the questionnaires, the physiological measurement of IAcc by the heartbeat perception task by Schandry [45] were administered. Other paradigms were used that will be not reported here. Each session lasted about 45 minutes. The same

experimental procedure was applied for all three testing points. Controls were also tested three times using a comparable timetable.

Instruments

Yale-brown obsessive-compulsive scale. The Y-BOCS [41,42] assesses the severity and symptoms in patients with OCD with ten items. For this study, the self-report version of the Y-BOCS was used to measure obsessive thoughts and obsessive actions on a five-point Likert scale, ranging from 0 (= *none*) to 4 (= *extreme*). Mean scores vary between 0 and 40. Studies investigating the psychometric criteria of this self-report tool indicate excellent reliability and validity [46].

Beck depression inventory. The BDI [43] is a widely used self-report measure of depressive symptoms regarding the last week, including 21 items. These items are evaluated on a four-point rating scale, ranging from 0 (= *not at all*) to 3 (= *always*). The BDI provides scores between 0 and 63. The internal consistency differs between $0.84 \leq \alpha \leq 0.94$ for clinical and non-clinical samples (e.g., [47–52]).

State-trait anxiety inventory. The self-reported and well-validated STAI [44] quantifies the anxiety level of individuals. For this study, we only used the 20-item trait version to measure the dispositional anxiety level. Participants have to rate their dispositional feeling on a four-point Likert-type scale (1 = *almost never* to 4 = *almost always*).

Heartbeat perception task. The heartbeat perception task by Schandry [45] was used to assess IAcc. Therefore, cardiac activity was recorded using the mobile heart frequency monitor RS800CX (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) with electrodes placed in a belt and attached at the chest. The RS800CX is easy to use. Moreover, it is a non-invasive and -reactive recording of inter-beat-intervals whose validity and reliability compared to alternative ECG measurement devices is established. It was used similarly in previous studies [53,54]. The heartbeat perception task consisted of a three-interval block, including 25, 35 and 45 seconds as proposed by Schandry [45], presented in a random order. To get familiar with the task, a training interval of 10 seconds was included. The beginning and the end of each trial were indicated by the experimenter. During heartbeat counting, participants were instructed not to take their own pulse or attempt to use other forms of manipulation for counting their heartbeats. They did not receive any information about the duration of the counting phases or the quality of their performance. Directly after the end of the interval participants had to report their counted heartbeats verbally. IAcc was calculated as the mean heartbeat perception score according to the following transformation of the three intervals:

$$\frac{1}{3}\sum\left(1 - \frac{(|recorded\ heartbeats - counted\ heartbeats|)}{recorded\ heartbeats}\right)$$

IAcc scores range from 0 to 1. Higher scores indicate smaller differences between the counted and recorded heartbeats and consequently a better IAcc.

Data analyses

Data analyses were performed using the program SPSS (version 24). Referring to BDI, STAI, and IAcc, repeated measures ANOVAs were calculated with the factors Time (T1, T2, T3) and Group (patients with OCD/healthy controls). For the Y-BOCS only time effects will be presented focusing on the patients with OCD. Statistical significance levels reported corresponding p-values less than .05, respectively. In the results section, uncorrected F-values are reported together with the Greenhouse-Geiser epsilon values and corrected degrees of freedom. Effect sizes (η^2, ε) were also reported. Additional analyses were performed to investigate the

influencing effect of medication and comorbidities on OCD-, depression- and anxiety symptoms as well as IAcc. Further, we also integrated depression and anxiety symptoms as co-variates in the repeated measure ANOVA for the IAcc analyses. Lastly, one-sided Pearson correlation analyses were conducted for IAcc and clinical measures (OCD, depression-, and anxiety symptoms).

Results

All descriptive data of IAcc and OCD-, depression- and anxiety symptoms separated by patients and healthy controls are represented in Table 1. As shown in this table, OCD-, depression- and anxiety symptoms decrease during the time course of cognitive-behavioral therapy in the OCD sample. Furthermore, there is a descriptive increase in IAcc over time for patients with OCD. Moreover, patients have a decreased IAcc and more depressive- and anxiety symptoms in comparison to the healthy controls. These differences are significant for most group comparison at the different measurement points. Inferential statistic results will be described in more detail in the following sections.

Obsessive-compulsive symptoms (Y-BOCS)

For the Y-BOCS only results of the OCD group in the time course were reported. Descriptive data showed a decrease regarding the OCD symptoms from T1 to T3 (see Table 1). The repeated ANOVA revealed significant effects of Time $F(1.50, 37.42) = 20.65$; $p < .001$; $\eta^2 = .82$; $\varepsilon = .75$), indicating that severity of compulsive thoughts and actions significantly decreased over time in patients with OCD. Additional analyses to test the impact of medication or comorbidities showed that the significant time effect is not influenced by medication ($F(1, 23) = .23$; $p = .639$) or comorbidities ($F(1, 23) = 1.07$; $p = .312$).

Table 1. Descriptive data for OCD-, depression- and anxiety symptoms and interoceptive accuracy contrasting patients with OCD and healthy controls.

	OCD		*Controls*	
	Mean (SD)	**Range**	**Mean (SD)**	**Range**
OCD symptoms				
T1	21.27 (8.13)	9–38		
T2	18.85 (7.34)	9–40		
T3	13.08 (6.94)	2–36		
Depression				
T1	19.31 (8.77)	5–34	3.42 (2.16)	0–7
T2	18.65 (7.84)	4–36	2.58 (1.84)	0–6
T3	15.54 (8.56)	4–36	3.08 (2.13)	0–7
Trait anxiety				
T1	49.46 (5.67)	38–61	45.23 (4.05)	37–52
T2	48.46 (4.65)	41–58	45.12 (4.60)	37–54
T3	46.85 (5.40)	38–58	44.04 (4.75)	36–55
Interoceptive accuracy				
T1	.60 (.17)	.35 - .92	.75 (.17)	.39 - .97
T2	.62 (.15)	.27 - .91	.75 (.19)	.30 - .97
T3	.66 (.17)	.26 - .92	.76 (.16)	.39 - .97

Note: OCD = obsessive-compulsive disorder; SD = standard deviation. T1 = baseline, T2 = 4–6 weeks after therapy onset, T3 = 8–10 weeks after therapy onset.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237.t001

Depression (BDI)

The repeated measures ANOVA revealed significant main effects of Group ($F(1, 50) = 97.65$; $p < .001$; $\eta^2 = .66$; $\varepsilon = 1.00$), Time $F(1.65, 82.60) = 4.60$; $p = .018$; $\eta^2 = .09$; $\varepsilon = .83$), and, importantly, an interaction Time x Group ($F(1.65, 82.60) = 4.40$; $p = .021$; $\eta^2 = .08$; $\varepsilon = .70$). Consequently, the BDI also significantly decreased over time for patients with OCD in comparison to healthy controls (see Table 1). Additional analyses showed no influence of medication ($F(1, 23) = .01$; $p = .944$) or comorbidities ($F(1, 23) = 2.81$; $p = .108$) in the OCD sample.

Trait anxiety (STAI)

Regarding trait anxiety we observed similar effects for Group ($F(1, 50) = 8.19$; $p = .006$; $\eta^2 = .15$; $\varepsilon = .87$) and Time $F(2, 100) = 6.88$; $p = .002$; $\eta^2 = .13$; $\varepsilon = .67$). However, these effects couldn't confirm for Time x Group ($F(2, 100) = .93$; $p = .399$). Results reflect a decrease in trait anxiety over time for patients with OCD only (see Table 1). Moreover, no impact of medication ($F(1, 23) = 1.18$; $p = .289$) nor comorbidities ($F(1, 23) = .39$; $p = .540$) could be found for the OCD group.

Interoceptive accuracy (heartbeat perception task)

The mean and standard deviation obtained heartbeat perception scores for both groups are summarized in Fig 1 and Table 1 depicting T1, T2 and T3. We observed a significant main effect of Group ($F(1, 50) = 10.94$; $p = .002$; $\eta^2 = .17$; $\varepsilon = .87$), indicating that patients with OCD had a lower IAcc (average score for all three measurements 0.63) at all three measurement points as compared to healthy controls (average score for all three measurements 0.74). No other main or interaction effect occurred (Time: $F(2,100) = 1.64$; $p = .200$; Time x Group: $F(2,100) = 0.41$; $p = .668$). It should be noted, that there was a descriptive higher improvement of IAcc for the OCD group (mean T1 = .60 (SD = .17), mean T2 = .62 (SD = .15), mean T3 = .66 (SD = .17)) compared to the healthy controls (mean T1 = .74 (SD = .16), mean T2 = .74 (SD = .19), mean T3 = .76 (SD = .16)). Similar to the results before, we did not find any influence of medication ($F(1, 23) = .35$; $p = .560$) or comorbidities ($F(1, 23) = .07$; $p = .796$) for the OCD group. Moreover, we integrated depression and anxiety symptoms as co-variates, which did not change the main effect of Time $F(2,96) = .13$; $p = .882$. Further, it could be shown that there is no influence of depression ($F(1, 48) = 1.26$; $p = .268$) nor anxiety ($F(1, 48) = .51$; $p = .480$) regarding the results in both groups.

Correlation analyses between interoceptive accuracy and clinical measures

Additional correlation analyses were conducted with both OCD patients and healthy controls at T1 focused on the relationship between IAcc and clinical measures, including OCD-, depression- and anxiety symptoms. It was shown that a reduced IAcc was related to more OCD symptoms ($r = -.451$; $p < .001$). Regarding the depression and anxiety symptoms the correlation was marginal significant ($r_{Depr} = -.213$; $p = .06$; $r_{Anx} = -.211$; $p = .06$), indicating a similar direction. Performed separate analyses for patients and, in the next steps, with healthy controls revealed no significant relationships between IAcc and clinical measures ($p > .08$).

Discussion

To the best of our knowledge, these are the first empirical data demonstrating that IAcc is attenuated in OCD and that these interoceptive deficits do not change in the time course of cognitive-behavioral therapy. Nonetheless, there were definite improvements in OCD-,

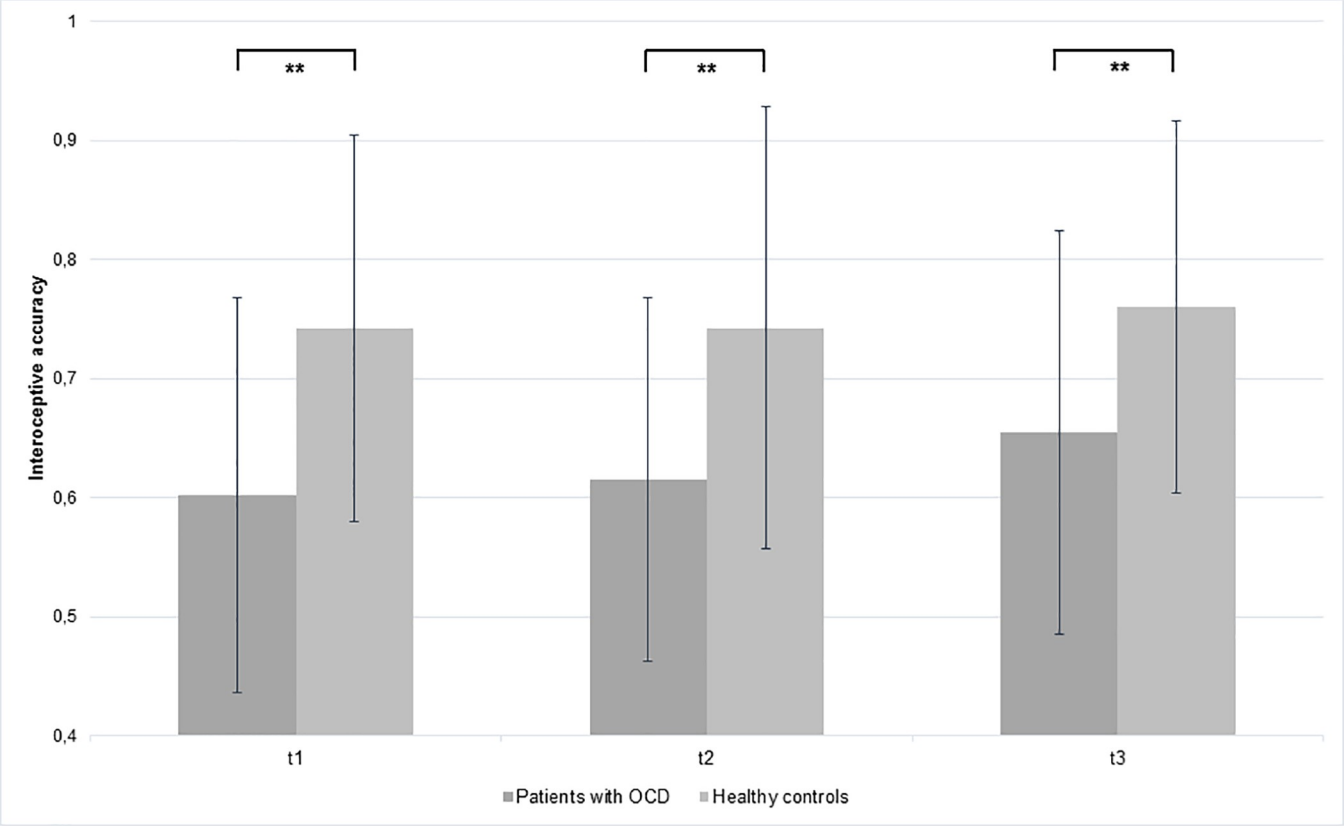

Fig 1. Mean and standard deviation of interoceptive accuracy in patients with OCD compared to healthy controls in the time course of therapy ($p < .01$ = **).

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217237.g001

depression- and anxiety symptoms for patients with OCD. Additionally, we also showed negative associations between IAcc and OCD-, depression- and anxiety symptoms.

The idea that interoceptive processes might be affected in OCD was proposed mainly based on research concerning brain activities in the insula as well as the dysbalance of internal and external channels in patients with OCD. Song and co-workers [26] demonstrated altered insula activation patterns in OCD. Supporting the authors' hypotheses that insular morphometric alterations may influence the modulation of interoceptive processing in patients with OCD, we could demonstrate that IAcc is reduced in patients with OCD. Furthermore, prior studies observed that patients with OCD have tendencies to not trusting in their internal states and feelings (e.g., [32,31]). Instead, patients seem to compare their assumptions of internal states with external indicators like general rules or norms. This postulation could be supported by a study of Lazarov and colleagues [33,34], showing that patients with OCD improved their performance when they had the opportunity to use biofeedback to prove their internal states. Conversely, Yoris and co-workers [27] demonstrated that patients with OCD show an increased IAcc in comparison healthy controls and patients with panic disorders. One reason for different results could be that they used the tapping accuracy task of Canales-Johnson et al. [55] instead of the heartbeat perception task [45]. For the tapping task, participants were instructed to firstly tap with their dominant-hand in synchrony with an audio-recorded heartbeat and secondly to their own heartbeat. For the IAcc score, time differences between the

R-Peaks and the motor-taps incorrect answers were calculated. A smaller difference between both indicates a better IAcc. In their discussion, Yoris et al. [27] suggest replicating their results with non-motor interoceptive tasks such as the heartbeat perception task. We used the heartbeat perception task in our study. In comparison to tapping with the hand to different heartbeats in the tapping accuracy task, participants were instructed to focus on their heartbeat and to silently count it over three different time intervals. A smaller difference between recorded heartbeats via ECG and counted heartbeats indicate a better IAcc. It should be noted that there are different focuses in the tapping and heartbeat perception task. Whereas the tapping accuracy task includes the focus on interoceptive and exteroceptive signals (heartbeat and tapping), the heartbeat perception task only concentrates on interoceptive signals. To summarize, we could not show similar results in the heartbeat perception task, but in our opinion, these are two different measurements of IAcc, which make the comparison of the findings of the two studies difficult.

The observed interoceptive alternations did not change in the time course of cognitive-behavioral therapy in patients with OCD. So far, there are no other studies that also examine changes in IAcc during the time course of therapy. The present findings are of high importance for the pathophysiology of OCD. A reduced IAcc might constitute a risk factor for a more stressful everyday life as abilities to regulate one's emotions are needed and are associated with more positive well-being [56]. Another point is that this form of cognitive-behavioral therapy does not focus on the perception of internal states. In a study of patients with anorexia nervosa, also only a trend regarding the improvement in IAcc was observed in the same clinic with the same therapy [57]. Consequently, it could be useful to develop an intervention focusing only on internal bodily signals and the self (e.g., looking in the mirror). There is evidence for positive effects on interoceptive ability when applying this kind of methods (e.g., [58,59]). Based on the findings of Lazarov and colleagues [33,34], another interesting point for future studies would be the inclusion of a biofeedback intervention with a reduction of the biofeedback over time to reduce the reliance on external stimuli's and to increase the focus on internal signals step by step.

Different strengths and limitations of this study should be noted. An advantage of the study is that participants were matched according to age, sex, and educational background. Additionally, this is the first study investigating IAcc during the time course of cognitive-behavioral therapy. Potential limitations of this study refer to the fact that we used an OCD sample that was heterogeneous in terms of symptoms and comorbidities, as well as medication use. For example, comorbidities like depression, which highly occurs in the present sample as comorbidity, could be an influencing factor on observed results. This assumption is based on different studies, indicating an impaired IAcc in depressive participants (e.g., [3,60]). Though we addressed this issue and found no influence, the effects of medication on autonomic measures cannot be ruled out when using only small numbers of patients in each subgroup. Additional analyses with the inclusion of medication and comorbidities as co-variates showed no influencing effect regarding the reported results with OCD-, anxiety- or depressive symptoms nor IAcc in the OCD sample. Nevertheless, these results should be interpreted with caution due to the small sample size of OCD patients. Furthermore, Fischer et al. [58] found that a body scan training improved IAcc. Consequently, mindfulness should also be included in future studies as another confounding variable.

Conclusions

To conclude, our study highlighted a decreased IAcc in patients with OCD and the observation that these deficits do not seem to improve during the time course of cognitive-behavioral

therapy. Future studies should use longer follow-ups and additionally examine more levels of interoceptive signal processing such as metacognitive confidence (i.e., interoceptive awareness) or subjective awareness (i.e., interoceptive sensibility). Besides, it could be interesting to differentiate between obsessive-compulsive thoughts and behaviors in future studies. It could also be useful to integrate another psychiatric control group (e.g., panic disorder) as in the setting of Yoris et al. [27]. Lastly, using methods in therapy that can improve IAcc (e.g., body scan; [58]) should be considered to be of high relevance.

Acknowledgments

The authors would like to thank all staff members of the hospital Windach am Ammersee as well as the secretaries, the nursing and medical doctors who supported the project. We also want to thank Dr. Sarah Wankner for her help in data assessment and data management, as well as all students and student assistants who were involved in assessing and post-processing of data.

Author Contributions

Conceptualization: Michael Zaudig, Till Krauseneck, Götz Berberich, Olga Pollatos.

Data curation: Dana Schultchen, Olga Pollatos.

Formal analysis: Dana Schultchen, Olga Pollatos.

Investigation: Dana Schultchen, Olga Pollatos.

Methodology: Michael Zaudig, Till Krauseneck, Götz Berberich, Olga Pollatos.

Project administration: Dana Schultchen, Michael Zaudig, Till Krauseneck, Götz Berberich.

Resources: Michael Zaudig, Till Krauseneck, Götz Berberich, Olga Pollatos.

Supervision: Olga Pollatos.

Visualization: Dana Schultchen.

Writing – original draft: Dana Schultchen.

Writing – review & editing: Michael Zaudig, Till Krauseneck, Götz Berberich, Olga Pollatos.

References

1. Cameron OG (2001) Interoception: the inside story–a model for psychosomatic processes. Psychosomatic Medicine 63 (5): 697–710. PMID: 11573016
2. Craig AD (2002) How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. Nature reviews. Neuroscience 3 (8): 655–666. https://doi.org/10.1038/nrn894 PMID: 12154366
3. Dunn BD, Dalgleish T, Ogilvie AD, Lawrence AD (2007) Heartbeat perception in depression. Behaviour Research and Therapy 45 (8): 1921–1930. https://doi.org/10.1016/j.brat.2006.09.008 PMID: 17087914
4. Dunn BD, Stefanovitch I, Evans D, Oliver C, Hawkins A, Dalgleish T (2010) Can you feel the beat? Interoceptive awareness is an interactive function of anxiety- and depression-specific symptom dimensions. Behaviour Research and Therapy 48 (11): 1133–1138. https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.07.006 PMID: 20692645
5. Ehlers A, Breuer P (1996) How good are patients with panic disorder at perceiving their heartbeats. Biological Psychology 42 (1–2): 165–182. PMID: 8770377
6. Herbert BM, Herbert C, Pollatos O (2011) On the relationship between interoceptive awareness and alexithymia: is interoceptive awareness related to emotional awareness. Journal of Personality 79 (5): 1149–1175. https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.2011.00717.x PMID: 21241306
7. Pollatos O, Kurz A-L, Albrecht J, Schreder T, Kleemann AM, Schöpf V et al. (2008) Reduced perception of bodily signals in anorexia nervosa. Eating Behaviors 9 (4): 381–388. https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2008.02.001 PMID: 18928900

8. Weiss S, Sack M, Henningsen P, Pollatos O (2014) On the interaction of self-regulation, interoception and pain perception. Psychopathology 47 (6): 377–382. https://doi.org/10.1159/000365107 PMID: 25342240
9. Wölk J, Sütterlin S, Koch S, Vögele C, Schulz SM (2014) Enhanced cardiac perception predicts impaired performance in the Iowa Gambling Task in patients with panic disorder. Brain and Behavior 4 (2): 238–246. https://doi.org/10.1002/brb3.206 PMID: 24683516
10. Herbert BM, Pollatos O, Schandry R (2007) Interoceptive sensitivity and emotion processing: an EEG study. International Journal of Psychophysiology 65 (3): 214–227. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.04.007 PMID: 17543405
11. Kever A, Pollatos O, Vermeulen N, Grynberg D (2015) Interoceptive sensitivity facilitates both antecedent- and response-focused emotion regulation strategies. Personality and Individual Differences 87: 20–23. https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.07.014
12. Pollatos O, Matthias E, Keller J (2015) When interoception helps to overcome negative feelings caused by social exclusion. Frontiers in Psychology 6: 786. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00786 PMID: 26124734
13. Herbert BM, Pollatos O, Flor H, Enck P, Schandry R (2010) Cardiac awareness and autonomic cardiac reactivity during emotional picture viewing and mental stress. Psychophysiology 47 (2): 342–354. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00931.x PMID: 20003150
14. Barrett LF, Quigley KS, Bliss-Moreau E, Aronson KR (2004) Interoceptive sensitivity and self-reports of emotional experience. Journal of Personality and Social Psychology 87 (5): 684–697. https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.5.684 PMID: 15535779
15. Wiens S (2005) Interoception in emotional experience. Current Opinion in Neurology 18 (4): 442–447. PMID: 16003122
16. Terasawa Y, Fukushima H, Umeda S (2013) How does interoceptive awareness interact with the subjective experience of emotion? An fMRI study. Human Brain Mapping 34 (3): 598–612. https://doi.org/10.1002/hbm.21458 PMID: 22102377
17. James W (1884) What is an emotion. Mind (9): 188–205.
18. Schachter S, Singer J (1962) Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. Psychological Review 69 (5): 379–399. https://doi.org/10.1037/h0046234
19. Damasio AR (2000) The feeling of what happens: Body, emotion and the making of consciousness. London: Vintage. 386 p.
20. Zaki J, Davis JI, Ochsner KN (2012) Overlapping activity in anterior insula during interoception and emotional experience. Neuroimage 62 (1): 493–499. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.05.012 PMID: 22587900
21. Garfinkel SN, Critchley HD, Pollatos O (2017) The interoceptive system: Implications for emotions, cognition, and health. In: Cacioppo JT, Tassinary LG, Berntson GG, editors. Handbook of psychophysiology. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 427–443.
22. Critchley HD, Wiens S, Rotshtein P, Ohman A, Dolan RJ (2004) Neural systems supporting interoceptive awareness. Nature Neuroscience 7 (2): 189–195. https://doi.org/10.1038/nn1176 PMID: 14730305
23. Pollatos O, Gramann K, Schandry R (2007) Neural systems connecting interoceptive awareness and feelings. Human Brain Mapping 28 (1): 9–18. https://doi.org/10.1002/hbm.20258 PMID: 16729289
24. Craig AD (2003) Interoception: the sense of the physiological condition of the body. Current Opinion in Neurobiology 13 (4): 500–505. https://doi.org/10.1016/S0959-4388(03)00090-4 PMID: 12965300
25. Taylor S (2011) Early versus late onset obsessive-compulsive disorder: evidence for distinct subtypes. Clinical Psychology Review 31 (7): 1083–1100. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2011.06.007 PMID: 21820387
26. Song A, Jung WH, Jang JH, Kim E, Shim G, Park HY et al. (2011) Disproportionate alterations in the anterior and posterior insular cortices in obsessive-compulsive disorder. PloS one 6 (7): e22361. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022361 PMID: 21811591
27. Yoris A, García AM, Traiber L, Santamaría-García H, Martorell M, Alifano F et al. (2017) The inner world of overactive monitoring: neural markers of interoception in obsessive-compulsive disorder. Psychological Medicine 47 (11): 1957–1970. https://doi.org/10.1017/S0033291717000368 PMID: 28374658
28. Seth AK, Suzuki K, Critchley HD (2011) An interoceptive predictive coding model of conscious presence. Frontiers in Psychology 2: 395. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00395 PMID: 22291673
29. Friston KJ, Schwartenbeck P, FitzGerald T, Moutoussis M, Behrens, Dolan RJ (2014) The anatomy of choice: dopamine and decision-making. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 369 (1655). https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0481

30. Friston KJ, Stephan KE, Montague R, Dolan RJ (2014) Computational psychiatry: the brain as a phantastic organ. The Lancet Psychiatry 1 (2): 148–158. https://doi.org/10.1016/S2215-0366(14)70275-5 PMID: 26360579

31. Rapoport JL (1991) The boy who couldn't stop washing. The experience and treatment of obsessive compulsive disorder. New York: Signet Books. 292 p.

32. Shapiro D (1965) Neurotic styles. New York: Basic Books.

33. Lazarov A, Dar R, Oded Y, Liberman N (2010) Are obsessive-compulsive tendencies related to reliance on external proxies for internal states? Evidence from biofeedback-aided relaxation studies. Behaviour Research and Therapy 48 (6): 516–523. https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.02.007 PMID: 20303473

34. Lazarov A, Liberman N, Hermesh H, Dar R (2014) Seeking proxies for internal states in obsessive-compulsive disorder. Journal of Abnormal Psychology 123 (4): 695–704. https://doi.org/10.1037/abn0000004 PMID: 25133987

35. Liberman N, Dar R (2009) Normal and pathological consequences of encountering difficulties in monitoring progress toward goals. In: Moskowitz GB, Grant H, editors. The psychology of goals. New York, NY: Guilford. pp. 277–303.

36. Marcks BA, Woods DW (2007) Role of thought-related beliefs and coping strategies in the escalation of intrusive thoughts: an analog to obsessive-compulsive disorder. Behaviour Research and Therapy 45 (11): 2640–2651. https://doi.org/10.1016/j.brat.2007.06.012 PMID: 17673167

37. Hermans D, Engelen U, Grouwels L, Joos E, Lemmens J, Pieters G (2008) Cognitive confidence in obsessive-compulsive disorder: distrusting perception, attention and memory. Behaviour Research and Therapy 46 (1): 98–113. https://doi.org/10.1016/j.brat.2007.11.001 PMID: 18076865

38. Hermans D, Martens K, Cort K de, Pieters G, Eelen P (2003) Reality monitoring and metacognitive beliefs related to cognitive confidence in obsessive–compulsive disorder. Behaviour Research and Therapy 41 (4): 383–401. https://doi.org/10.1016/S0005-7967(02)00015-3 PMID: 12643963

39. van den Hout MA, Engelhard IM, Boer C de, Du Bois A, Dek E (2008) Perseverative and compulsive-like staring causes uncertainty about perception. Behaviour Research and Therapy 46 (12): 1300–1304. https://doi.org/10.1016/j.brat.2008.09.002 PMID: 18951122

40. van den Hout MA, Engelhard IM, Smeets M, Dek EC, Turksma K, Saric R (2009) Uncertainty about perception and dissociation after compulsive-like staring: time course of effects. Behaviour Research and Therapy 47 (6): 535–539. https://doi.org/10.1016/j.brat.2009.03.001 PMID: 19342006

41. Goodman WK, Price LH, Rasmussen SA, Mazure C, Delgado P, Heninger GR et al. (1989) The Yale-Brown Obsessive Compulsive Scale. II. Validity. Archives of general psychiatry 46 (11): 1012–1016. PMID: 2510699

42. Goodman WK, Price LH, Rasmussen SA, Mazure C, Fleischmann RL, Hill CL et al. (1989) The Yale-Brown Obsessive Compulsive Scale. I. Development, use, and reliability. Archives of general psychiatry 46 (11): 1006–1011. PMID: 2684084

43. Beck AT, Steer RA, Brown GK (1996) Beck Depression Inventory-II (BDI-II). San Antonio, TX: Pearson.

44. Spielberger CD, Gorsuch RC, Lushene RE, Vagg PR, Jacobs GA (1983) Manual for the state-train anxiety inventory. Palo-Alto, CA: Consulting Psychologist Press.

45. Schandry R (1981) Heart Beat Perception and Emotional Experience. Psychophysiology 18 (4): 483–488. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb02486.x PMID: 7267933

46. Steketee G, Frost R, Bogart K (1996) The Yale-Brown Obsessive Compulsive Scale: Interview versus self-report. Behaviour Research and Therapy 34 (8): 675–684. https://doi.org/10.1016/0005-7967(96)00036-8 PMID: 8870295

47. Steer RA, Clark DA (1997) Psychometric characteristics of the Beck Depression Inventory–II with college students. Measurement and Evaluation in Counseling and Development 3 (30): 128–136.

48. Steer RA, Ball R, Ranieri WF, Beck AT (1999) Dimensions of the Beck Depression Inventory-II in clinically depressed outpatients. Journal of Clinical Psychology 55 (1): 117–128. PMID: 10100838

49. Steer RA, Kumar G, Ranieri WF, Beck AT (1998) Use of the Beck Depression Inventory-II with Adolescent Psychiatric Outpatients. Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment 20 (2): 127–137. https://doi.org/10.1023/A:1023091529735

50. Steer RA, Rissmiller DJ, Beck AT (2000) Use of the Beck Depression Inventory-II with depressed geriatric inpatients. Behaviour Research and Therapy 38 (3): 311–318. PMID: 10665163

51. Arnau RC, Meagher MW, Norris MP, Bramson R (2001) Psychometric evaluation of the Beck Depression Inventory-II with primary care medical patients. Health Psychology 20 (2): 112–119. PMID: 11315728

52. Krefetz DG, Steer RA, Kumar G (2003) Lack of age differences in the Beck Depression Inventory-II scores of clinically depressed adolescent outpatients. Psychological Reports 92 (2): 489–497. https://doi.org/10.2466/pr0.2003.92.2.489 PMID: 12785631

53. Koch A, Pollatos O (2014) Cardiac sensitivity in children: sex differences and its relationship to parameters of emotional processing. Psychophysiology 51 (9): 932–941. https://doi.org/10.1111/psyp.12233 PMID: 24810627

54. Koch A, Pollatos O (2014) Interoceptive sensitivity, body weight and eating behavior in children: a prospective study. Frontiers in Psychology 5: 1003. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01003 PMID: 25250006

55. Canales-Johnson A, Silva C, Huepe D, Rivera-Rei Á, Noreika V, del Carmen Garcia M et al. (2015) Auditory Feedback Differentially Modulates Behavioral and Neural Markers of Objective and Subjective Performance When Tapping to Your Heartbeat. Cerebral Cortex 25 (11): 4490–4503. https://doi.org/10.1093/cercor/bhv076 PMID: 25899708

56. Gross JJ (2002) Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. Psychophysiology 39 (3): 281–291. https://doi.org/10.1017/S0048577201393198 PMID: 12212647

57. Fischer D, Berberich G, Zaudig M, Krauseneck T, Weiss S, Pollatos O (2016) Interoceptive Processes in Anorexia Nervosa in the Time Course of Cognitive-Behavioral Therapy: A Pilot Study. Frontiers in Psychiatry 7: 199. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00199 PMID: 28018249

58. Fischer D, Messner M, Pollatos O (2017) Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention. Frontiers in Human Neuroscience 11: 452. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00452 PMID: 28955213

59. Ainley V, Tajadura-Jiménez A, Fotopoulou A, Tsakiris M (2012) Looking into myself: changes in interoceptive sensitivity during mirror self-observation. Psychophysiology 49 (11): 1504–1508. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01468.x PMID: 22978299

60. Pollatos O, Traut-Mattausch E, Schandry R (2009) Differential effects of anxiety and depression on interoceptive accuracy. Depression and Anxiety 26 (2): 167–173. https://doi.org/10.1002/da.20504 PMID: 19152366

Artikel IV: Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention

Fischer, D., Messner, M. & Pollatos, O. (2017). Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 452. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00452

Copyright: © 2017 Fischer, Messner and Pollatos. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0) [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/].

frontiers in Human Neuroscience

ORIGINAL RESEARCH
published: 12 September 2017
doi: 10.3389/fnhum.2017.00452

Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention

Dana Fischer, Matthias Messner and Olga Pollatos*

Department of Clinical and Health Psychology, Institute of Psychology and Education, Ulm University, Ulm, Germany

Objective: Interoceptive processes are defined as ability to detect sensations arising within the body. There is a growing body of research investigating ways of improving interoceptive processes. One promising approach increasing the attention to bodily sensations is the body scan (BS), a method stemming from mindfulness-based stress reduction. Research so far revealed only heterogenous findings of meditational practice and mindfulness-based stress reduction on interoceptive processes. Even more importantly, there is no study considering the effect of an 8-week BS intervention on interoceptive processes and the distinguishable subdomains of interoception. Therefore, the main objective of this research is to examine the effects of a BS intervention on different interoceptive subdomains over 8 weeks of training in two different samples.

Methods: In study 1, healthy participants executed a 20 min standardized audiotaped BS in the BS intervention group ($n = 25$) each day over 8 weeks. The control group ($n = 24$) listened to an audio book for the same amount of time. In study 2, the BS group ($n = 18$) was compared to an inactive control group ($n = 18$). In both studies, three measurement points were realized and interoceptive accuracy (IAc) – using a heartbeat perception task – as well as interoceptive sensibility (IS) – using confidence ratings for the heartbeat perception task and the subscale 'interoceptive awareness' of the Eating Disorder Inventory-2 (EDI-2) – were assessed.

Results: In study 1, we found, as a descriptive trend, IAc and confidence ratings to be increased irrespective of the condition. However, *post hoc* analysis revealed a significant improvement of IAc between T1 and T3 in the BS intervention only. IS revealed to be unaffected by the interventions. In study 2, we observed a significant positive effect of the BS intervention on IAc and confidence ratings compared to the inactive controls. As in study 1, IS (EDI-2) was unaffected by the intervention.

Discussion: The results highlight the fact that interoception can be improved by long-term interventions focusing on bodily signals. Further studies might focus on clinical samples showing deficits in interoceptive processes and could use other bodily systems for measurement (e.g., respiratory signals) as well methods manipulating body ownership.

Keywords: interoception, interoceptive accuracy, interoceptive sensibility, interoceptive processes, body scan, mindfulness

Abbreviations: BS, body scan; IAc, interoceptive accuracy; IS, interoceptive sensibility.

OPEN ACCESS

Edited by:
Mardi A. Crane-Godreau, Dartmouth College, United States

Reviewed by:
Giuliana Lucci, IRCCS Santa Lucia of Rome, Italy
Lisa Dale Miller, LMFT, LPCC, SEP, United States

****Correspondence:***
Dana Fischer
dana.fischer@uni-ulm.de

Received: *27 June 2017*
Accepted: *25 August 2017*
Published: *12 September 2017*

Citation:
Fischer D, Messner M and Pollatos O (2017) Improvement of Interoceptive Processes after an 8-Week Body Scan Intervention. Front. Hum. Neurosci. 11:452. doi: 10.3389/fnhum.2017.00452

INTRODUCTION

Interoception is usually defined as sensing and processing of afferent signals from within the body and its visceral organs to the brain (Cameron, 2001; Craig, 2002). Such afferent signals include changes in heart rate, respiratory, or muscle contractions, which are typically classified into proprioception and viscereception (Vaitl, 1996). Proprioception describes the sensation of bodily signals from the skin and the musculoskeletal apparatus, whereas viscereception comprises signals arising from within the body or the inner organs (e.g., cardiovascular, respiratory, and gastrointestinal signals). The perception of these signals is related to bodily states such as thirst, hunger, desire, pain as well as the level of energy and stress (Vaitl, 1996; Herbert and Pollatos, 2008). However, the increasing interest in interoception is due to its close link to emotions, feelings, and the perception of disease-specific symptoms (Schandry et al., 1993; Tsakiris et al., 2011). Individuals with a more precise detection of internal bodily signals experience emotions more intensively, are better able to process such signals, respectively, and to regulate them (e.g., Craig, 2003; Barrett et al., 2004; Critchley et al., 2004; Herbert et al., 2011). In order to get a better understanding of the concept of interoception and the consequences of interindividual differences, it will be defined in more detail below.

Garfinkel and Critchley (2013) and Garfinkel et al. (2015) proposed a clear demarcation between the different nomenclatures and meanings of the term interoception. Recently, they developed a three-dimensional model of interoception and provided empirical support for the necessity to assess different aspects of interoceptive processes (Garfinkel et al., 2015). The model differentiates between interoceptive accuracy (IAc), interoceptive sensibility (IS), and interoceptive awareness. IAc has been proposed as the ability to detect signals from within the body and to objectively quantify the individual performance via behavioral testing. Typically, IAc is investigated using procedures related to cardiovascular perception. Most prominently, IAc is tested by the heartbeat detecting task (Schandry, 1981) or the heartbeat discrimination task (Whitehead et al., 1977; Katkin et al., 1983; Brener and Kluvitse, 1988). Another established test to investigate IAc is the water load test based on the sensation of gastrointestinal signals (Vaitl, 1996; Herbert et al., 2012). Actual methods include procedures to measure the sensitivity for respiratory signals (Garfinkel et al., 2016). However, the heartbeat detection task is widely used in research on interoceptive processes and represents the standard procedure to measure IAc (e.g., Eshkevari et al., 2014; Kindermann and Werner, 2014; Koch and Pollatos, 2014; Pollatos and Georgiou, 2016; Pollatos et al., 2016). Furthermore, Garfinkel et al. (2015) defined IS as the second dimension of interoceptive processes by the subjective belief and confidence in the internal bodily state, mostly assessed by self-report questionnaires (e.g., Body Perception Questionnaire; Porges, 1993). Another possibility to assess IS is to indicate one's own subjective confidence in the performance of a specific IAc task (e.g., Ehlers et al., 1995; Khalsa et al., 2008; Parkin et al., 2014). Whereas the self-report questionnaires regarding bodily signals in general, the confidence rating is more specific because of its request directly after the IAc task. Otherwise, the confidence rating includes only one item, which is repeated assessed after every interval. In general, IS depends on cognitive processes such as body awareness and associated evaluations, memories as well as attitudes (Mehling et al., 2009). Lastly, the metacognitive or interoceptive awareness dimension combines objective and subjective measures. The aim is to analyze the accordance between confidence and accuracy. For analyses, Garfinkel et al. (2015) suggest receiver operating characteristics (ROC) curves or the trial-by-trial confidence-accuracy correlation.

To emphasize the importance of interoception, there is evidence of a disturbed IAc and/or IS in clinical and subclinical populations. For example, in patients with anorexia nervosa as well as overweight and obese people a reduced IAc and IS are observed (Fassino et al., 2004; Pollatos et al., 2008; Herbert and Pollatos, 2014; Fischer et al., 2016). On the other hand, patients with bulimia nervosa and healthy controls did not differ in IAc (Pollatos and Georgiou, 2016), but bulimic patients showed a reduced IS (Fassino et al., 2004; Pollatos and Georgiou, 2016). In addition, Eshkevari et al. (2014) found no differences in IAc between different patients with eating disorders and healthy controls, whereas IS was higher in patients with eating disorders than in the control group. Otherwise, people suffering from somatization disorder have a reduced IAc compared to healthy controls (Weiss et al., 2014). Similar results were found for patients with higher scores of alexithymia (Herbert et al., 2011; Pollatos and Gramann, 2012) and healthy participants with depression and anxiety symptoms as well as patients diagnosed with depression (Pollatos et al., 2009; Dunn et al., 2010; Terhaar et al., 2012). Moreover, findings concerning interoceptive abilities of patients with panic disorders are quite mixed. Ehlers et al. (1995) and Ehlers and Breuer (1996) demonstrated that patients with panic disorders (as well as generalized anxiety disorder) showed an enhanced ability to perceive cardiovascular signals. In contrast, subsequent studies on this topic found no reliable differences in interoceptive abilities in people suffering from panic or generalized anxiety (Barsky et al., 1994; Van der Does et al., 2000). According to Ehlers and Breuer (1996), those inconsistencies are due to different instructions and sample characteristics used in subsequent research (e.g., including patients with medication that might has affected their cardiovascular systems). Previous research proved this only for the accuracy of cardiovascular signals, but they found no evidence for other interoceptive abilities (Limmer et al., 2015). To conclude, there is evidence that interoceptive processes are disturbed in people with different mental problems. Because interoception has shown to be of importance for processes of emotion perception and regulation (e.g., Herbert et al., 2007; Wölk et al., 2014; Kever et al., 2015; Pollatos et al., 2015), it seems necessary to develop and study methods that possibly lead to changes in interoceptive processes.

Until now, it is not clear how to improve interoceptive processes most effectively. Recent studies proposed interoception – especially IAc – to be a trait-like sensitivity toward visceral signals (Herbert and Pollatos, 2012; Herbert et al., 2012). Thus, there is good reason to assume that interoceptive processes are positively affected by trainings of heartbeat or

breathing sensitivity. Several empirical studies support the idea that heartbeat perception can be trained, especially through manipulation procedures such as food deprivation, physical effort, and changes of the autonomic cardiovascular system (Herbert et al., 2007, 2012; Herbert and Pollatos, 2012). Another opportunity are self-focused procedures with the increase of attention through a photo of oneself, self-relevant words, or the own mirror image (Tsakiris et al., 2011; Ainley et al., 2012; Pollatos et al., 2016). Mostly, these outcomes are only short-term effects and found in participants with a low IAc prior to the training. Whereas different self-focus procedures showed first evidence for improved interoceptive processes, previous research investigating techniques stemming from a Buddhism mindfulness tradition are rare and the evidence is mixed. Because mindfulness interventions are concerned with the idea of being present in the moment, focusing on the body and related signals in a non-judgmental way, such methods are of high interest in research on interoception.

One approach to train interoceptive processes might be the so called body scan (BS) as recently suggested (e.g., Parkin et al., 2014). The BS is – in addition to classical forms of meditation and mindful yoga – a central element of the mindfulness-based stress reduction program (MBSR) developed by Kabat-Zinn in 1979 (Kabat-Zinn, 1982; Kabat-Zinn and Hanh, 2009; Sauer-Zavala et al., 2013). Common to all three techniques is a mindfulness part, where attention is paid to different parts of the body (e.g., toes, back or head) as well as sensations (such as pain or muscle tension) in the present moment without any judgment or criticism of the moment to moment experience (Kabat-Zinn, 2013). Additionally, during the BS participants were also constantly instructed to focus on their breathing and heartbeat.

Empirically, many studies showed a positive influence of an 8-week MBSR training on different health related outcomes (e.g., stress reduction, cancer, depression, and heart disease) in people with and without psychiatric or somatic disorders (e.g., Astin, 1997; Davidson et al., 2003; Ramel et al., 2004; Eberth and Sedlmeier, 2012; Katterman et al., 2014; Ussher et al., 2014; la Cour and Petersen, 2015; Yang et al., 2016). To date, there is only limited evidence showing positive effects of the MBSR-program as well as the BS implemented separately on parameters of the cardiovascular system like heart rate, cardiac pre-ejection period, and cardiac respiratory sinus arrhythmia (Ditto et al., 2006; Zeidan et al., 2010). However, there is a growing body of research showing positive effects of practicing the BS continuously on body perception, concentration, awareness of different disease-specific symptoms, and stress reduction (Ditto et al., 2006; Weiss et al., 2010; Dreeben et al., 2013). It is presented here that there are no studies available exploring the single effect of the BS over 8 weeks on interoceptive processes which is especially important for the research.

So far, previous studies considering the relationship between meditation, MBSR/Mindfulness-Based Cognitive Therapy (MBCT), or other mindfulness programs on interoceptive processes showed contradictory results. With the focus on meditation, one study examined the influence of a 10-day Vipassana meditation course and found an increase of IAc in meditation novices compared to an inactive-control group (Krygier et al., 2015). In addition, it has been demonstrated recently that a mindfulness training can improve IS [subscales attention regulation, self-regulation, body listening and trusting of the multidimensional assessment of interoceptive awareness (MAIA); Mehling et al., 2012] in depressed patients compared to both an active-control group and a healthy control group (Fissler et al., 2016). The results of a neurophysiological study support these findings (Farb et al., 2013). Farb et al. (2013) observed structural and functional changes in brain areas (anterior insula regions and dorsomedial prefrontal cortex) linked to interoception through meditation practice. Nevertheless, expertise in meditation did not seem to have an influence on IAc (Khalsa et al., 2008). Accordingly, heartbeat perception accuracy was unaffected by whether participants were experienced meditators (Buddhist or Kundalini; experience ranging from 12 till 29 years) or novices. Similar results were found in studies of Nielsen and Kaszniak (2006) as well as Melloni et al. (2013). In both studies, the level of experience in meditation was not associated with differences in IAc. However, meditation experts felt significantly more confident in their interoceptive performance and experienced the task as easier compared to non-experts. Lastly, Parkin et al. (2014) investigated the relationship between trait mindfulness and IAc as well as IS. In line with the aforementioned results of Khalsa et al. (2008), no relationship between mindfulness and heartbeat perception (IAc) was found, but participants with higher mindfulness scores were more confident regarding their heartbeat perception performance (IS; see also Kok and Singer, 2016). There is only one study investigating the influence of an 8-week MBSR- or MBCT on IAc and IS (Parkin et al., 2014). Results showed no improvement in heartbeat perception, but participants felt more confident in their performance. Similar effects were observed in patients suffering from chronic pain and depression after 8 weeks of MBCT on the subscales self-regulation and not distracting of the MAIA (de Jong et al., 2016).

In a recent study of Bornemann et al. (2015), IS could be shown to improve after a 3 months BS intervention and breathing meditation compared to a retest control group, which was recruited to investigate effects of repeated testing. Findings of another recent study failed to provide support for a positive effect of a BS training on IAc and IS (Parkin et al., 2014). In detail, the researchers compared a group participating in 15-min BS over 1 week with a control group who listened to a relaxing beach sound for the same amount of time, and a waiting-list control group.

To conclude, evidence is mixed concerning the idea that mindfulness practice strengthens the ability to perceive bodily signals. Results show no difference between intensive programs (e.g., meditation, MBSR or MBCT) and the isolated performance of the BS. Nevertheless, it has been argued in all described studies that meditation or other specific mindfulness tasks should improve IAc and IS as well (e.g., Khalsa et al., 2008; Parkin et al., 2014). In most studies, an improvement of IS through meditation was found, MBSR/MBCT and BS measured by questionnaire or estimation of confidence. One reason for the BS not being able to change IAc and IS in previous studies might be the training interval. In most cases, the BS was conducted only

for 1 week or even shorter (e.g., Parkin et al., 2014), and information about standardization is often missing. Furthermore, Parkin et al. (2014) discussed the differences between IAc and IS. They attributed, that IS will strengthen cognitive processes for the body perception due to the training, especially evaluations, memories as well as attitudes, which is independent from the real perception. This assumption is in line with the differentiation between IAc and IS by Garfinkel et al. (2015) and should be considered.

In an attempt to clarify mixed effects of BS practice on interoceptive processes, we conducted two studies where participants trained the BS over a period of 8 weeks with daily practice sessions. Healthy students were trained in the standard BS suggested by Kabat-Zinn (2013) and longitudinal effects on interoceptive processes were assessed subsequently. This is the first study using three time points to measure outcomes of a BS training (T1: at the beginning; T2: after 4 or 5 weeks and T3: after 8 or 9 weeks). We expected IAc and IS to improve from a BS training compared to participants listening to an audio book (control group in study 1) or an inactive (control group in study 2).

STUDY 1

Materials and Methods

Participants

Both studies were approved by the Institutional Review Board of the Ulm University (Germany). A total sample of 50 healthy students aged 18–34 (79% female) were recruited by advertisements placed across the campus and an e-mail announcement. One participant did not complete all parts of the study resulting in data from 49 students available for the analyses. Participants were randomly assigned to the BS group (intervention group) or audio book group (control group), dependent variables were assessed at three time points.

The sample of the intervention group included 25 participants with a mean age of 22.4 ($SD = 3.4$), six of them were male (**Table 1**). Twenty-four participants, on the other hand, were assigned to the control condition, including four male students, with a mean age of 22.6 ($SD = 4.2$) both groups did not differ in age [$t(47) = -0.208$; $p =$ n.s.; see **Table 1**]. Furthermore, participants should report their individual experiences in different relaxation and meditation techniques (i.e., BS, MBSR, Yoga or Pilates) ranging from regular experience (every week) over occasional to no experience at all. Six participants reported regular experience, six participants occasional and 13 participants no experience in the Body-Scan group, whereas in the control group three participants had regular experience, five occasional and sixteen no experience.[1] Participants received monetary payment or course credit for their participation.

TABLE 1 | Descriptive variables of body scan and audio book at T1.

	Body scan Mean (*SD*)	Audio book Mean (*SD*)	*t* (*df* = 47)	*P*
Age (years)	22.40 (3.4)	22.63 (4.2)	−0.21	0.836
BMI	22.12 (3.1)	22.10 (3.1)	0.03	0.981
IAc	0.60 (0.2)	0.56 (0.2)	0.90	0.371
IS (confidence)	4.36 (2.1)	3.96 (1.5)	0.77	0.448
IS (EDI-2)	2.21 (0.6)	2.06 (0.5)	0.88	0.385

SD, standard deviation; BMI, body mass index; IAc, interoceptive accuracy; IS, interoceptive sensibility; EDI-2, Eating Disorder Inventory-2.

Procedures and Materials

Participants were tested in the laboratory of the Clinical and Health Psychology Department in Ulm three times within an 8 weeks time period. When participants came to the laboratory for the first assessment, they were thoroughly informed about the study's design and procedure, then they had to sign an informed consent to take part in the study. After a randomized assignment to one of the groups, participants provided demographics (e.g., age, gender, and education) and completed a battery of psychological questionnaires, including the State-Trait Anxiety Inventory (Laux et al., 1981) and the Beck Depression Inventory (Beck et al., 1996). Moreover, the interoceptive dimensions suggested by Garfinkel et al. (2015) were assessed as the main dependent variables: IAc (heartbeat tracking task) and IS [confidence and the subscale "Interoceptive awareness" of the German Eating Disorder Inventory-2 (EDI-2); Paul and Thiel, 2005]. The testing procedure was identical across all three time points (T1: at the beginning, T2: after 4 or 5 weeks and T3: after 8 or 9 weeks). Over 8 weeks then participants were instructed to perform the BS (concrete instructions are outlined below) each day for 20 min or to listen to an audio book for the same amount of time.

Interoceptive accuracy

For the measurement of IAc we used the heartbeat tracking task by Schandry (1981), where participants are instructed to take a comfortable and relaxed sitting position and to listen to their own heartbeats. However, participants had to count every heartbeat silently without checking the pulse manually or using any other technique for a better heartbeat perception (e.g., stop breathing). At the end of each interval participants had to report their counted heart beats. After a short training interval of 10 s, they completed four trials: 25, 35, 45 and 60 s. Importantly, they received no information about the length of these intervals. Participants simply got a start and stop signal from the research assistant. However, an electrocardiogram (ECG) assessed the objective heartbeats with non-polarizable Ag/AgCl electrodes placed at the right clavicular and the left chest. An amplifier system at a sampling rate of 1000 Hz was used. Finally, the heartbeat perception score (IA Score) was calculated using the individually counted and recorded heartbeats with the following formula:

$$IA\ Score = \frac{1}{4}\sum\left(1 - \frac{\left(\left|\text{recorded heartbeats} - \text{counted heartbeats}\right|\right)}{\text{recorded heartbeats}}\right)$$

The IAc score can vary between 0 and 1, with higher scores indicating a better heartbeat perception and consequently a better IAc.

[1] We excluded no participants because of prior meditation experience.

Interoceptive sensibility

To quantify IS, participants had to report their subjective confidence in the heartbeat perception performance. After each trial they were asked to indicate their confidence on a 10-point Scale ranging from "total guess/no heartbeat awareness" (=0) to "complete confidence/full perception of heartbeat" (=10). Beyond that, the subscale 'interoceptive awareness' from the German EDI-2 (Garner, 1984; Paul and Thiel, 2005) was used. The 10 items are self-rated on a 6-point Likert-scale from 1 (*never*) to 6 (*always*). Formed to an index, they represent the subjective ability to identify bodily signals, especially hunger or satiety. Higher scores indicate problems in IS.

Intervention: body scan vs. audio book

Participants randomly assigned to the BS group were handed out a smartphone with the app movisensXS, Karlsruhe (Germany). The aim of the app was to control the completion of the BS at every single day. Participants were reminded routinely every day at 7pm. Also valence ("How do you feel at the moment?"), arousal (e.g., calm vs. tense, nervous vs. relaxed, excited vs. bored), and easiness ("How well could you follow the BS?") before and after the BS were assessed on a daily basis. In contrast, participants in the audio book group received a USB-Stick containing a data file with the audio book ("The Madman's Tale" from Katzenbach, 2008). However, they had the opportunity to decide on their own by which time of the day they listened to the BS or audio book. Both groups got a written instruction. This instruction included the following important aspects:

- a quiet place should be chosen where they do not get disturbed easily,
- smartphones, television, radio, or any other possible distraction should be turned off or avoided,
- intervention time should serve as a time-out from the daily routine,
- eyes should be closed if possible,
- for listening they should either sit on a chair or lay on the floor,
- every thought or experience should not be judged or criticized.

Participants in the BS group trained mindfulness each day by using a 20-min audio tape recording of a guided BS meditation edited from a longer script of Kabat-Zinn (2013). The audio tape included a short introduction sequence followed by the guided BS. In the BS sequence, participants' attention was guided slowly and mindfully through the entire body from the part of the feet to the hips and to different parts of the face (e.g., lips, mouth, eyes, and forehead). Finally, participants should focus their attention to the whole body followed by a wake up phase.

Participants in the control condition listened to an audio book [German version of "The Madman's Tale" from Katzenbach (2008)]. The psychological thriller is about a middle-aged man. He has been compulsory hospitalized into a psychiatric institution 20 years ago, which is closed down – since then, he is medicated for the voices in his head. A reunion on the ground of the hospital awakens traumatic experiences related to an unsolved crime which was responsible for the demise of the institution and now comes back to the present. Using an audio book as a control condition is a common control condition in different studies (e.g., Cropley et al., 2007; Mirams et al., 2013). In addition, by using these conditions we wanted to control for daily effort so that differences between the conditions are not due to differences in activity time.

Data Analysis

Statistical Package for Social Science (SPSS; version 21) was used for all statistical analyses reported below. All descriptive statistics and group differences regarding demographic data and interoceptive processes (heartbeat perception, confidence and subscale of EDI-2) were analyzed using independent *t*-tests. To analyze training effects of the BS intervention, a repeated measurement ANOVA was conducted with the group representing the between-subjects factor and IAc as well as IS representing the within-subject factor. The effect size η^2 is reported and *p*-values less than 0.05 were set as statistical significant for all analyses. Otherwise contrast and *post hoc* analyses were conducted.

Results

Sample Description and Questionnaire Data at T1

All demographic and interoception data are summarized in **Table 1**. As expected, both groups did not differ in age, BMI, IAc and IS (confidence and EDI-2) at T1.

Changes in Interoceptive Accuracy

With respect to IAc (**Figure 1**), the statistical analyses revealed a highly significant effect for time [$F(2,94) = 11.17$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.19$]. IAc increased in the BS group [mean T1 = 0.60 ($SD = 0.16$); mean T2 = 0.67 ($SD = 0.16$); mean T3 = 0.71 ($SD = 0.14$)] over time. *Post hoc* Bonferroni-adjusted analyses showed a significant increase only between T1 and T3 ($p = 0.008$). In contrast, the audio book led to an increase in IAc between T1 and T2 [mean T1 = 0.56 ($SD = 0.20$); mean T2 = 0.67 ($SD = 0.19$)], but a slightly decrease between T2 and T3 [mean T2 = 0.67 ($SD = 0.19$); mean T3 = 0.65 ($SD = 0.18$)].

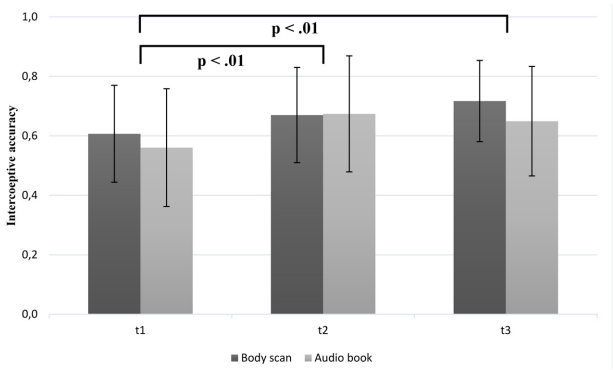

FIGURE 1 | Mean interoceptive accuracy scores as a function of group (BS vs. audio book group) and time (note: significant group differences at all time points are not marked here).

However, *post hoc* analysis showed a significant increase between T1 and T2 ($p = 0.006$) and decrease between T1 and T3 ($p = 0.04$). Unexpectedly, the interaction between group × time [$F(2,94) = 1.28$; $p = 0.28$], as well as the main effect of group [$F(1,47) = 0.77$; $p = 0.38$] were not significant, indicating no differential effect of group membership on IAc. Regarding the contrast analysis and as expected, we found a linear trend for the BS group [$F(24) = 11.20$; $p < 0.01$], whereas there was a curvilinear trend [$F(23) = 7.92$; $p < 0.01$] and a linear trend [$F(23) = 10.17$; $p < 0.01$] for the audio book group.

Changes in Interoceptive Sensibility (Confidence)

In line with our assumption, the results showed that interoceptive confidence differentiated significantly over time [$F(2,94) = 6.89$; $p < 0.01$; $\eta^2 = 0.12$]. As it can be seen in **Figure 2**, the confidence rating increased more in the BS group from T1 to T3. Although, the main effect of group [$F(1,47) = 3.35$; $p = 0.074$] and the interaction between time and group [$F(2,94) = 1.76$; $p = 0.178$] failed to reach significance, separate *post hoc* analysis showed a significant increase regarding confidence only in the BS group from T1 to T3 ($p < 0.01$). Trend analyses showed significant linear trends for both groups [$F_{BS}(24) = 10.53$; $p < 0.01$; $F_{AudioBook}(23) = 172.53$; $p < 0.01$].

Changes in Interoceptive Sensibility (EDI-2)

Interoceptive sensibility was measured with the subscale "interoceptive awareness" of the EDI-2. Both groups differ only slightly regarding time. The IS of the BS group decrease from T1 ($M = 2.21$; $SD = 0.65$) to T3 ($M = 2.07$; $SD = 0.58$) and the mean score of IS for the control group is stable from T1 ($M = 2.06$; $SD = 0.49$) to T3 ($M = 2.03$; $SD = 0.58$). Accordingly, the main effect of time was not significant [$F(2,94) = 1.189$; $p = 0.31$]. Analysis of main effect regarding group did not contribute significantly to an effect [$F(1,47) = 0.361$; $p = 0.551$]. Finally, the repeated measurements ANOVA for the group BS versus audio group revealed no significant group × time interaction [$F(2,94) = 0.423$; $p = 0.656$].

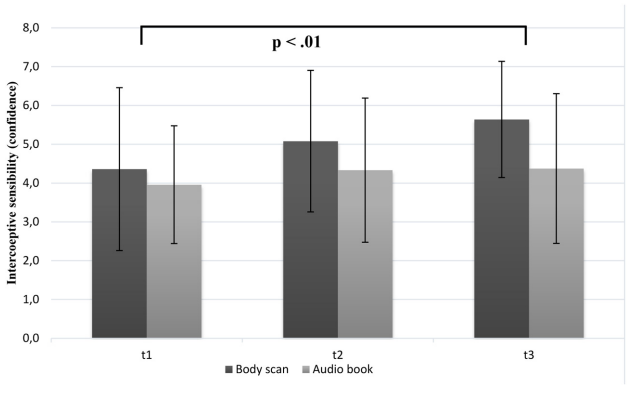

FIGURE 2 | Mean confidence ratings (IS) as a function of group (BS vs. audio book group) and time (note: significant group differences at all time points are not marked here).

Discussion

Supporting our assumption, we found significant linear trends for IAc and IS (confidence). *Post hoc* analyses revealed significant differences for the IAc between T1–T2 and T1–T3 as well as for the confidence between T1 and T3. Contrary to our hypothesis, we found no alteration regarding IS assessed by questionnaire. There are promising results in the BS group, where we need to tie up and consider some limitations of study 1 to avoid similar results in the control group. Firstly, it could be possible, that the audio book condition has a mindfulness-effect, too. For both groups we used a similar instruction with comparable information (i.e., a place without any disturbance, time-out from daily routine, do not judge or criticize). Thus, participants should focus on their self and use this time for themselves in both task. This leads to a comparable mindfulness setting, especially because of the perception of the present moment. Moreover, the audio book control condition could be influenced by their motivation. Participants described the audio book as exciting and reported that they are highly motivated to hear the next chapter the next day. Compared to the audio book, the BS audio file was the same the entire time. Thus, we can speculate that the groups are different in their motivation level. Nonetheless, it seems that the BS has beneficial effects on interoceptive processes (see *post hoc* and contrast analyses). Having these points and limitations in mind, we decided to start a study 2 with an inactive control group, indicating a group with no intervention over the same time.

STUDY 2

Materials and Methods

Participants

Thirty-six participants took part in this study. Study 2 was identical to the experimental design of study 1 where participants' interoceptive abilities were tested at three time points after 8 weeks of individual training of the BS group compared to an inactive control group. Participants were randomly assigned to one of the groups.

Eighteen female participants ($M_{Age} = 22.2$; $SD = 2.8$) of the intervention group were compared to 18 participants of the inactive control condition ($M_{Age} = 22.8$; $SD = 3.3$; see **Table 2**). There was no difference in age between groups [$t(34) = -0.594$; $p =$ n.s.]. Regarding meditation experience,

TABLE 2 | Descriptive variables of the body scan- and inactive control condition at T1.

	Body scan Mean (*SD*)	No-intervention Mean (*SD*)	*t* (*df* = 47)	*P*
Age (years)	22.17 (2.8)	22.78 (3.3)	−0.59	0.556
BMI	21.87 (2.2)	22.39 (3.3)	−0.57	0.575
IAc	0.53 (0.2)	0.63 (0.2)	−1.64	0.110
IS (confidence)	4.31 (1.7)	3.79 (2.0)	0.83	0.412
IS (EDI-2)	2.17 (0.6)	2.29 (1.2)	−0.42	0.680

SD, standard deviation; BMI, body mass index; IS, interoceptive sensibility; IAc, interoceptive accuracy; EDI-2, Eating Disorder Inventory-2.

participants' experience in the BS group ranging between (1) regular experience ($n = 3$), (2) experience with once in a while ($n = 7$) and (3) no experience ($n = 8$). In contrast, one participant of the inactive control group had regular experience, nine participants indicated experience with once in a while and eight participants reported no experience. At the end of the three laboratory sessions participants received course credit or were compensated monetarily.

Procedures and Materials

Parallel to the procedure of study 1, all participants were initially informed about the study, then instructed about the procedure and asked to sign a written informed consent. Also in line with study 1, demographic variables and IAc and IS were assessed as outcome variables. Participants in the BS group trained themselves in a body-scan meditation over 8 weeks, 20 min each day (for a detailed description see study 1), whereas participants in the inactive control group came three times to testing sessions in the laboratory of the Clinical and Health psychology Department in Ulm without performing a specific task in the meantime.

Data Analysis

We used the same data analysis procedures as in study 1.

Results

Sample Description and Questionnaire Data at T1

Table 2 summarizes all demographic and interoception data. Both groups did not differ in any of these variables.

Changes in Interoceptive Accuracy

Figure 3 summarizes the changes in IAc over 8 weeks. Mean scores of the BS group regarding the heartbeat perception showed an increase from T1 to T3 [mean T1 = 0.53 ($SD = 0.20$); mean T2 = 0.59 ($SD = 0.19$); mean T3 = 0.65 ($SD = 0.19$)], whereas the inactive group remained stable in IAc [mean T1 = 0.63 ($SD = 0.17$); mean T2 = 0.63 ($SD = 20$); mean T3 = 0.65 ($SD = 0.18$)]. Consequently, there was a significant main effect for time [$F(2,68) = 5.33$; $p < 0.01$; $\eta^2 = 0.12$], indicating an increase of IAc over 8 weeks. *Post hoc* analysis revealed a significant increase between T1 and T3 for the BS only ($p < 0.05$). As expected, we found no significant increase in IAc over time for the inactive control group with regard to the *post hoc* Bonferroni-adjusted analysis. Furthermore, we found a significant group × time interaction [$F(2,68) = 3.28$; $p < 0.05$; $\eta^2 = 0.08$]. No significant main effect of the group [$F(1,34) = 0.64$; $p = 0.43$] was observed. However, as it can be seen in the mean IAc scores at T1, there is a difference of 0.10 between the groups in favor of the control group. This difference is statistically not reliable [$t(34) = -1.64$; $p = 0.11$]. Moreover, the results were supported by the conducted contrast analyses, showing a significant linear trend for the BS group [$F(17) = 7.09$; $p < 0.01$] and no significant trend for the inactive control group [$F(17) = 0.49$; $p = 0.49$].

Change in Interoceptive Sensibility (Confidence)

Mean values for the confidence ratings of the heartbeat perception score are depicted in **Figure 4**. These ratings were significantly higher at T3 than at T1 in the BS group [mean T1 = 4.31 ($SD = 1.73$); mean T3 = 5.69 ($SD = 1.68$)] compared to the inactive control group [mean T1 = 3.79 ($SD = 1.98$); mean T3 = 4.08 ($SD = 2.13$)]. We observed a significant group × time interaction [$F(2,68) = 3.11$; $p = 0.05$; $\eta^2 = 0.07$] and a significant main effect of time [$F(2,68) = 6.89$; $p < 0.01$; $\eta^2 = 0.16$]. Additionally, no main effect of group [$F(1,34) = 3.06$; $p = 0.09$] was found. *Post hoc* analyses revealed a significant improvement of the rating between T1 and T3 ($p < 0.05$) as well as T2 and T3 ($p < 0.01$) in the BS group. As assumed, *post hoc* analyses showed no significant differences for the inactive control group. Similar to the contrast analyses revealed for the IAc, we found a significant linear trend for the BS group [$F(17) = 8.43$; $p < 0.01$] and no significant trend for the inactive control group [$F(17) = 2.46$; $p = 0.14$].

Change in Interoceptive Sensibility (EDI-2)

Not in line with our assumption, there was no increase of IS regarding the mean values of the EDI-2. Accordingly, no significant group-by-time interaction [$F(2,68) = 0.70$; $p = 0.50$]

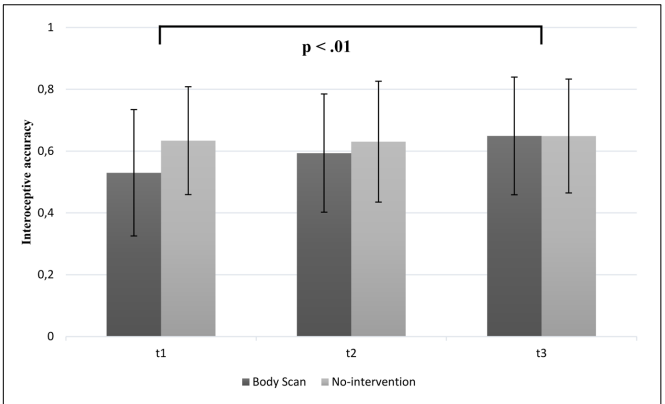

FIGURE 3 | Mean interoceptive accuracy scores as a function of group (BS vs. inactive group) and time (note: significant group differences at all time points are not marked here).

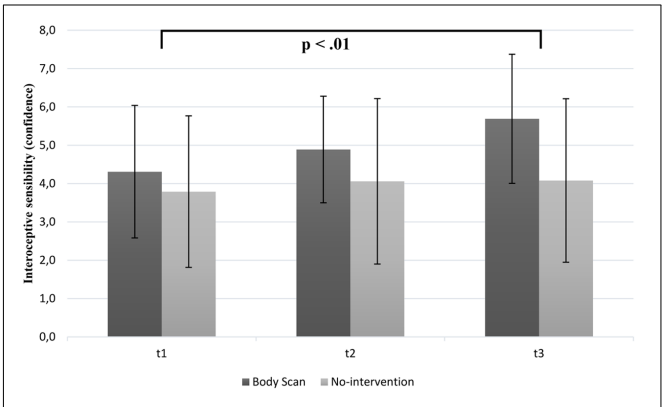

FIGURE 4 | Mean confidence ratings as a function of group (BS vs. inactive group) and time (note: significant group differences at all time points are not marked here).

and main effect of time [$F(2,68) = 2.56$; $p = 0.09$] was revealed. Furthermore, no main effect of group [$F(1,34) = 0.46$; $p = 0.50$] was found.

Discussion

Study 2 showed that an 8-week BS intervention significantly improved IAc – assessed by the heartbeat perception – and confidence during this heartbeat perception task (IS), but did not decrease problems of IS assessed by the EDI-2. These results were highlighted by the comparison with the inactive control group who did not show a change in IAc or IS. Therefore, it can be concluded, that the BS as a mindfulness task over 8 weeks has worked. Especially, the change between T1 and T3 regarding IAc and IS (confidence) was greater than in study 1. This could be an indication that the audio book from study 1 has a mindfulness effect, too, or other variables (e.g., instruction) were responsible for similar effects in the BS and audio book group. However, comparable with the first study, we used a small sample ($n = 18$). Additionally, we only collected data from a female student population, because of no registrations of male participants. It should be mentioned that there are differences regarding the IAc in the BS- and inactive control group to T1, which is not significant. Whereas the BS group started with 0.53, the control group had an IAc score of 0.63. In fact, both studies found that a BS over 8 weeks provided a positive influence on interoceptive processes (heartbeat perception and confidence).

GENERAL DISCUSSION

The purpose of the study was to examine the effects of a 20-min daily practiced BS on interoceptive processes. Congruent with other studies, showing mixed results regarding different interoceptive processes, we expected a higher improvement of these processes after an 8-week BS mindfulness training. Because of the mixed results in previous studies (e.g., Parkin et al., 2014; Bornemann et al., 2015; de Jong et al., 2016) and the use of only short trainings, we hypothesized that an 8-week practiced BS will show effects. This change of interoceptive processes is important because of the disturbed interoceptive processes in clinical and subclinical populations. Therefore, we conducted two studies in order to investigate effects of an insulated BS meditation on the different interoceptive processes – IAc and IS. The effects of a Body-Scan training were tested against two different control groups. In study 1, we used an active control group (audio book). Due to the null training results in study 1, we speculated that the audio book group, especially because of the similar instruction, has a mindfulness effect, too. To prevent this, we started study 2 with an inactive control group. We examined all groups three times over a period of 8 weeks. To our knowledge, this is the first study investigating effects of an 8-week BS intervention based solely on the BS on interoceptive processes.

Body Scan and Interoceptive Accuracy

In both studies, we measured the IAc by the heartbeat perception task and the effect of these during an 8-week BS intervention. Both studies showed that participants were better able to detect their heartbeat more accurately when they trained themselves in scanning their body mindfully each day over the intervention period. Moreover, it should be noted that there are differences regarding the accuracy score in study 1 and 2. In contrast, the BS group in study 1 showed a higher score (T1 = 0.60) compared to study 2 (T1 = 0.53) at the beginning. In both studies, we used the same instruction and healthy students. Furthermore, the participants did neither differentiate in their daily practices of the BS nor in their mindfulness experiences. Nevertheless, we found initial support for the idea that paying attention to the body in a mindful way has a beneficial impact on interoceptive processes as it has been discussed elsewhere (Parkin et al., 2014). Unexpectedly, we observed a similar improvement of IAc for the audio book group, at least for the difference between T1 and T2 as well as T1 and T3 in study 1, too. Otherwise, we found a linear trend for the BS group as well as a linear and curvilinear trend for the audio book group. Consequently, it was still unclear whether the improvement was due to the BS intervention or due to other systematic influences in the intervention period. One critical point could be the same instruction for both groups (i.e., a place without any disturbance, time-out from daily routine, do not judge or criticize) and the relation to a mindfulness setting. Anyway, to date there are other mixed results available concerning the effects of mindfulness trainings on interoception (Parkin et al., 2014; Krygier et al., 2015) or comparisons between experienced and novice meditators in this regard (Nielsen and Kaszniak, 2006; Khalsa et al., 2008; Melloni et al., 2013). It should be noted that in the study of Parkin et al. (2014) only a short-term BS intervention of 1 week was used. With the point of the mindfulness effect during the audio book condition and the null intervention results of the short-term BS intervention in mind, we decided to start another study.

Our results of the second study were more in line with our assumptions. Firstly, the results for the IAc revealed that only the BS group improved the heartbeat perception performance over the 8 weeks and indicating a linear trend over all three measurements. The current findings are consistent with the assumptions of most researchers in this field, that meditation or BS practice can improve heartbeat perception score because of the higher focus on bodily signals (e.g., Parkin et al., 2014; Bornemann et al., 2015). Nevertheless, in most of these studies, the different intervention did not have an effect of the performance to perceive the heartbeat. To date, there is only the study of Parkin et al. (2014) investigating the effects of a BS intervention on IAc and the results are contrary to our findings. They found that participants did not improve their heartbeat perception skills during a 1-week BS intervention. One possible explanation for the different results, which were describe before, could be the length of the BS. Whereas the participants of Parkin et al. (2014) performed the BS for only 1 week, our participants conducted the BS for 8 weeks. This explanation can be supported by the *post hoc* analyses which revealed significant differences between T2 and T3 as well as T1 and T3. Thereby, we found no significant improvement between the first 4 weeks (T1 – T2). Similar to our study, Parkin et al. (2014) used three conditions: a BS as the intervention and sound as well as inactivity as control conditions. Otherwise, it should be noted that we firstly used the

BS – audio book condition and 1 year later the BS – inactive condition in study 2. As pronounced earlier and a reason for the provision of study 2, the audio book condition might be responsible for a higher motivation of the participants as well as the instruction that participants should use the period as a time-out from the daily routine. Thus, the different instructions and motivation levels might explain the differences of the results between study 1 and 2.

Body Scan and Interoceptive Sensibility via Confidence

Next, we investigated the confidence of the heartbeat perception task by the question how confident participant feel in their heartbeat perception after every interval. Garfinkel et al. (2015) described this as a good opportunity to combine the assessment of IAc and IS and to emphasize the relationship between the subjective (perceived) and objective (actual) variables of interoceptive processes. In this context, we observed that participants in the intervention group felt more confident in the heartbeat perception task after 8 weeks of BS training. Although the BS- and the audio book group of study 1 showed an improvement in the confidence both, *post hoc* analysis revealed only a significant improvement of the BS group between T1 and T3. Moreover, the confidence ratings of the audio book between T2 and T3 were relatively stable. Unfortunately and not in line with our assumption, both groups showed a linear trend. In study 2, the evidence was more meaningful and consequently we found only a higher confidence in the BS group. These results were confirmed by the *post hoc* analyses which revealed significant differences between T2 and T3 as well as T1 and T3 in the BS group. Additionally, we showed only a significant trend for the BS group. Interestingly, this higher confidence is concordant with the improved performance in the heartbeat perception task. The results are in line with recent findings from Parkin et al. (2014) who found higher confidence in interoception after an 8-week MBSR or MBCT training. However, they could not find an increase of the confidence after a 1-week BS intervention. This might give support for the idea that in order to improve interoceptive processes and confidence via mindfulness interventions we need time to cultivate or train over a longer period. Furthermore, the improvements between T2 and T3 as well as T1 and T3 in study 2 regarding the effects of an 8-week BS were supported more specifically here. This idea is also in line with findings of Nielsen and Kaszniak (2006) as well as Melloni et al. (2013), who found experts to feel more confident in their heartbeat perception performance than non-experts.

Body Scan and Interoceptive Sensibility via Questionnaire

Finally, we observed no alteration for the IS (EDI-2) in both studies, independent of the group. The present findings are not in line with previous results in healthy and depressed participants investigating effects of mindfulness trainings and BS (Bornemann et al., 2015; de Jong et al., 2016; Fissler et al., 2016; Kok and Singer, 2016). Contrary results may be attributed to the different measurements of IS by questionnaires or only one question via smartphone. Garfinkel et al. (2015) suggested to use the Body Perception Questionnaire (Porges, 1993), but there are some more questionnaires like the MAIA (Bornemann et al., 2015). Former studies investigating IS and mindfulness trainings mostly used the MAIA (Bornemann et al., 2015; de Jong et al., 2016; Fissler et al., 2016). Kok and Singer (2016) measured IS through smartphone only by one question concerning how aware of their body participants felt. Because of these contradictory results, future research should involve the MAIA or the suggested BPQ. The EDI-2 focused on perception of hunger as well as satiety and maybe did not request different bodily signals like the BPQ does.

Limitations and Future Research

Although the findings of the present research are overall very encouraging, there are some points that need to be discussed in more detail. First, participants in the BS intervention group received a smartphone to listen to the guided BS in both studies. Thereby we wanted to give a standardized audiotaped BS and control the performance of the participants. Nevertheless and despite this review, there is no guarantee that participants actually performed the BS every day. To monitor the performance of participants, the only possibility would be training sessions in the group or a teaching session. However, this is associated with a very high effort for researchers as well as for participants. In both studies, participants were able to train the BS easily at home at any time of the day. Many participants clearly communicated this as an advantage. Otherwise, a teaching session could be coupled with other disadvantages (e.g., deflection, strong pressure to adapt). Compared with MBSR programs, it is also usual to perform most of the exercises autonomously at home. Another limitation refers to the fact that our sample mainly consisted of female students. Especially in study 2, we only assessed female participants because we had no registration of male participants. At the same time, we did not assume any sex differences but future research might want to balance between male and female participants, persons with varying educational levels, or people varying in age and occupational status. As already mentioned, the BS focused on different parts of the body and not especially merely on heartbeat. Moreover, the only targeted bodily internal signals are cardiovascular and respiratory signals, but with a higher focus on breathing. Obviously, future studies should include different measurements of interoception. For example, Garfinkel et al. (2016) compared the heartbeat discrimination task (Whitehead et al., 1977; Katkin et al., 1983) with a respiratory resistance threshold task (Harver et al., 1993). The authors found no relationship between both tasks and different directions of correlations regarding cardiac interoception and tactile exteroception as well as respiratory interoception and exteroception. Furthermore, Durlik et al. (2014) emphasized in their study the interaction between interoception and exteroception in modulating self-consciousness. Consequently and because both constructs represent body awareness, it would be interesting to measure both in future studies. First results of Mirams et al. (2013) showed a positive effect of exteroception measured by tactile perception (using the Somatic Signal Detection task) after participants conducted the BS for 1 week.

CONCLUSION

Our data provide consistent evidence for the influence of a BS intervention over 8 weeks on interoceptive processes. There are heterogeneous findings and statements about interoception as a trait or state variable (e.g., Schandry and Weitkunat, 1990; Ainley et al., 2012, 2013; Herbert et al., 2012). However there is first evidence, that especially participants with a low interoception can benefit from such a self-focus training (Ainley et al., 2012). Patients with different mental disorders showed low interoception (e.g., Pollatos et al., 2008, 2009; Weiss et al., 2014). Consequently, more research in clinical settings is needed to precisely clarify interoceptive processes in such samples and to find interventions for the improvement of these processes.

ETHICS STATEMENT

Both studies were carried out in accordance with the recommendation of the Guideline by the Institutional Review Board of the Ulm University (Germany) with written informed consent from all subjects. All subjects gave written informed consent in accordance with the Declaration of Helsinki. The protocol was approved by the Institutional Review Board of the Ulm University (Germany).

AUTHOR CONTRIBUTIONS

DF, MM, and OP, designed the study, analyzed the data and interpreted them. DF collected data and wrote the first draft of the manuscript. DF, MM, and OP, have approved the final manuscript and critically discussed them.

FUNDING

The study was partly funded by Ulm University grants for female scientists to DF.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank all staff members, all students, and student assistants who were involved in assessing and post-processing of data.

REFERENCES

Ainley, V., Maister, L., Brokfeld, J., Farmer, H., and Tsakiris, M. (2013). More of myself: manipulating interoceptive awareness by heightened attention to bodily and narrative aspects of the self. *Conscious Cogn.* 22, 1231–1238. doi: 10.1016/j.concog.2013.08.004

Ainley, V., Tajadura-Jimenez, A., Fotopoulou, A., and Tsakiris, M. (2012). Looking into myself: the effect of self-focused attention on interoceptive sensitivity. *Psychophysiology* 49, 1504–1508. doi: 10.1111/j.1469-8986.2012.01468.x

Astin, J. A. (1997). Stress reduction through mindfulness meditation. *Psychother. Psychosomat.* 66, 97–106. doi: 10.1159/000289116

Barrett, L. F., Quigley, K. S., Bliss-Moreau, E., and Aronson, K. R. (2004). Interoceptive sensitivity and self-reports of emotional experience. *J. Pers. Soc. Psychol.* 87, 684–697. doi: 10.1037/0022-3514.87.5.684

Barsky, A. J., Cleary, P. D., Sarnie, M. K., and Ruskin, J. N. (1994). Panic disorder, palpitations, and the awareness of cardiac activity. *J. Nerv. Ment. Dis.* 182, 63–71. doi: 10.1097/00005053-199402000-00001

Beck, A. T., Steer, R. A., and Brown, G. K. (1996). *Beck Depression Inventory-II (BDI-II)*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.

Bornemann, B., Herbert, B. M., Mehling, W. E., and Singer, T. (2015). Differential changes in self-reported aspects of interoceptive awareness through three months of contemplative training. *Front. Psychol.* 5:1504. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01504

Brener, J., and Kluvitse, C. (1988). Heartbeat detection: judgments of the simultaneity of external stimuli and heartbeats. *Psychophysiology* 25, 554–561. doi: 10.1111/j.1469-8986.1988.tb01891.x

Cameron, O. G. (2001). Interoception: the inside story–a model for psychosomatic processes. *Psychosom. Med.* 63, 697–710. doi: 10.1097/00006842-200109000-00001

Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nat. Rev. Neurosci.* 3, 655–666. doi: 10.1038/nrn894

Craig, A. D. (2003). Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Curr. Opin. Neurobiol.* 13, 500–505. doi: 10.1016/S0959-4388(03)00090-4

Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Ohman, A., and Dolan, R. J. (2004). Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nat. Neurosci.* 7, 189–195. doi: 10.1038/nn1176

Cropley, M., Ussher, M., and Charitou, E. (2007). Acute effects of a guided relaxation routine (body scan) on tobacco withdrawal symptoms and cravings in abstinent smokers. *Addiction* 102, 989–993. doi: 10.1111/j.1360-0443.2007.01832.x

Davidson, R. J., Kabat-Zinn, J., Schumacher, J., Rosenkranz, M., Muller, D., Santorelli, S. F., et al. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosom. Med.* 65, 564–570. doi: 10.1097/01.PSY.0000077505.67574.E3

de Jong, M., Lazar, S. W., Hug, K., Mehling, W. E., Hölzel, B. K., Sack, A. T., et al. (2016). Effects of mindfulness-based cognitive therapy on body awareness in patients with chronic pain and comorbid depression. *Front. Psychol.* 7:967. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00967

Ditto, B., Eclache, M., and Goldman, N. (2006). Short-term autonomic and cardiovascular effects of mindfulness body scan meditation. *Ann. Behv. Med.* 32, 227–234. doi: 10.1207/s15324796abm3203_9

Dreeben, S., Mamberg, M., and Salmon, P. (2013). The MBSR body scan in clinical practice. *Mindfulness* 4, 394–401. doi: 10.1007/s12671-013-0212-z

Dunn, B. D., Stefanovitch, I., Evans, D., Oliver, C., Hawkins, A., and Dalgleish, T. (2010). Can you feel the beat? Interoceptive awareness is an interactive function of anxiety- and depression-specific symptom dimensions. *Behav. Res. Ther.* 48, 1133–1138. doi: 10.1016/j.brat.2010.07.006

Durlik, C., Cardini, F., and Tsakiris, M. (2014). Being watched: the effect of social self-focus on interoceptive and exteroceptive somatosensory perception. *Conscious. Cogn.* 25, 42–50. doi: 10.1016/j.concog.2014.01.010

Eberth, J., and Sedlmeier, P. (2012). The effects of mindfulness meditation: a meta-analysis. *Mindfulness* 3, 174–189. doi: 10.1007/s12671-012-0101-x

Ehlers, A., and Breuer, P. (1996). How good are patients with panic disorder at perceiving their heartbeats? *Biol. Psychol.* 42, 165–182.

Ehlers, A., Breuer, P., Dohn, D., and Fiegenbaum, W. (1995). Heartbeat perception and panic disorder: possible explanations for discrepant findings. *Behav. Res. Ther.* 33, 69–76. doi: 10.1016/0005-7967(94)E0002-Z

Eshkevari, E., Rieger, E., Musiat, P., and Treasure, J. (2014). An investigation of interoceptive sensitivity in eating disorders using a heartbeat detection task and a self-report measure. *Eur. Eating Disord. Rev.* 22, 383–388. doi: 10.1002/erv.2305

Farb, N. A. S., Segal, Z. V., and Anderson, A. K. (2013). Mindfulness meditation training alters cortical representations of interoceptive attention. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 8, 15–26. doi: 10.1093/scan/nss066

Fassino, S., Pieró, A., Gramaglia, C., and Abbate-Daga, G. (2004). Clinical, psychopathological and personality correlates of interoceptive awareness in

Anorexia nervosa, Bulimia nervosa and Obesity. *Psychopathology* 37, 168–174. doi: 10.1159/000079420

Fischer, D., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T., Weiss, S., and Pollatos, O. (2016). Interoceptive processes in anorexia nervosa in the time course of cognitive-behavioral therapy: a pilot study. *Front. Psychiatry* 7:199. doi: 10.3389/fpsyt.2016.00199

Fissler, M., Winnebeck, E., Schroeter, T., Gummersbach, M., Huntenburg, J. M., Gaertner, M., et al. (2016). An investigation of the effects of brief mindfulness training on self-reported interoceptive awareness, the ability to decenter, and their role in the reduction of depressive symptoms. *Mindfulness* 7, 1170–1181. doi: 10.1007/s12671-016-0559-z

Garfinkel, S. N., and Critchley, H. D. (2013). Interoception, emotion and brain: new insights link internal physiology to social behaviour. Commentary on: "Anterior insular cortex mediates bodily sensibility and social anxiety" by Terasawa et al. (2012). *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 8, 231–234. doi: 10.1093/scan/nss140

Garfinkel, S. N., Manassei, M. F., Hamilton-Fletcher, G., den Bosch, Y. I., Critchley, H. D., and Engels, M. (2016). Interoceptive dimensions across cardiac and respiratory axes. *Philos. Trans. R Soc. B* 371, 20160014. doi: 10.1098/rstb.2016.0014

Garfinkel, S. N., Seth, A. K., Barrett, A. B., Suzuki, K., and Critchley, H. D. (2015). Knowing your own heart: distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness. *Biol. Psychol.* 104, 65–74. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.11.004

Garner, D. M. (1984). *Eating Disorder Inventory 2*. Odessa: PAR Psychological Assessment Resources, Inc.

Harver, A., Katkin, E. S., and Bloch, E. (1993). Signal-detection outcomes on heartbeat and respiratory resistance detection tasks in male and female subjects. *Psychophysiology* 30, 223–230. doi: 10.1111/j.1469-8986.1993.tb03347.x

Herbert, B. M., Herbert, C., and Pollatos, O. (2011). On the relationship between interoceptive awareness and alexithymia: is interoceptive awareness related to emotional awareness? *J. Pers.* 79, 1149–1175. doi: 10.1111/j.1467-6494.2011.00717.x

Herbert, B. M., Muth, E. R., Pollatos, O., and Herbert, C. (2012). Interoception across modalities: on the relationship between cardiac awareness and the sensitivity for gastric functions. *PLOS ONE* 7:e36646. doi: 10.1371/journal.pone.0036646

Herbert, B. M., and Pollatos, O. (2008). Interozeptive sensitivität, gefühle und verhaltensregulation. *Z. Neuropsychol.* 19, 125–137. doi: 10.1024/1016-264X.19.3.125

Herbert, B. M., and Pollatos, O. (2012). The body in the mind: on the relationship between interoception and embodiment. *Top. Cogn. Sci.* 4, 692–704. doi: 10.1111/j.1756-8765.2012.01189.x

Herbert, B. M., and Pollatos, O. (2014). Attenuated interoceptive sensitivity in overweight and obese individuals. *Eat. Behav.* 15, 445–448. doi: 10.1016/j.eatbeh.2014.06.002

Herbert, B. M., Ulbrich, P., and Schandry, R. (2007). Interoceptive sensitivity and physical effort: implications for the self − control of physical load in everyday life. *Psychophysiology* 44, 194–202. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00493.x

Kabat-Zinn, J. (1982). An outpatient program in behavioral medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditation: theoretical considerations and preliminary results. *Gen. Hosp. Psychiatry* 4, 33–47. doi: 10.1016/0163-8343(82)90026-3

Kabat-Zinn, J. (2013). *Gesund durch Meditation: Das große Buch der Selbstheilung mit MBSR*. Munich: O.W. Barth eBook.

Kabat-Zinn, J., and Hanh, T. N. (2009). *Full Catastrophe Living: Using the Wisdom of Your Body and Mind to Face Stress, Pain, and Illness*. New York, NY: Delta.

Katkin, E. S., Reed, S. D., and Deroo, C. (1983). A methodological analysis of 3 techniques for the assessment of individual-differences in heartbeat detection. *Psychophysiology* 20:452.

Katterman, S. N., Kleinman, B. M., Hood, M. M., Nackers, L. M., and Corsica, J. A. (2014). Mindfulness meditation as an intervention for binge eating, emotional eating, and weight loss: a systematic review. *Eat. Behav.* 15, 197–204. doi: 10.1016/j.eatbeh.2014.01.005

Katzenbach, J. (2008). *Die Anstalt [Audiobook]*. Berlin: Argon.

Kever, A., Pollatos, O., Vermeulen, N., and Grynberg, D. (2015). Interoceptive sensitivity facilitates both antecedent-and response-focused emotion regulation strategies. *Pers. Individ. Dif.* 87, 20–23. doi: 10.1016/j.paid.2015.07.014

Khalsa, S. S., Rudrauf, D., Damasio, A. R., Davidson, R. J., Lutz, A., and Tranel, D. (2008). Interoceptive awareness in experienced meditators. *Psychophysiology* 45, 671–677. doi: 10.1111/j.1469-8986.2008.00666.x

Kindermann, N. K., and Werner, N. S. (2014). The impact of cardiac perception on emotion experience and cognitive performance under mental stress. *J. Behav. Med.* 37, 1145–1154. doi: 10.1007/s10865-014-9564-7

Koch, A., and Pollatos, O. (2014). Interoceptive sensitivity, body weight and eating behavior in children: a prospective study. *Front. Psychol.* 5:1003. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01003

Kok, B. E., and Singer, T. (2016). Phenomenological fingerprints of four meditations: differential state changes in affect, mind-wandering, meta-cognition, and interoception before and after daily practice across 9 months of training. *Mindfulness* 8, 218–231. doi: 10.1007/s12671-016-0594-9

Krygier, J. R., Heathers, J., Kemp, A., and Abott, M. (2015). "Mindfulness meditation and paying attention to the heart: preliminary findings regarding improvements in interoception after 10-days intensive vipassana meditation," in *Proceedings of the 25th Annual Conference of the Australasian Society for Psychophysiology*, Sydney, 2–3.

la Cour, P., and Petersen, M. (2015). Effects of mindfulness meditation on chronic pain: a randomized controlled trial. *Pain Med.* 16, 641–652. doi: 10.1111/pme.12605

Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P., and Spielberger, C. D. (1981). *Das State-Trait-Angst-Inventar: Theoretische Grundlagen und Handweisung*. Weinheim: Beltz Testgesellschaft.

Limmer, J., Kornhuber, J., and Martin, A. (2015). Panic and comorbid depression and their associations with stress reactivity, interoceptive awareness and interoceptive accuracy of various bioparameters. *J. Affect. Disord.* 185, 170–179. doi: 10.1016/j.jad.2015.07.010

Mehling, W. E., Gopisetty, V., Daubenmier, J., Price, C. J., Hecht, F. M., and Stewart, A. (2009). Body awareness: construct and self-report measures. *PLOS ONE* 4:e5614. doi: 10.1371/journal.pone.0005614

Mehling, W. E., Price, C., Daubenmier, J. J., Acree, M., Bartmess, E., and Stewart, A. (2012). The multidimensional assessment of interoceptive awareness (MAIA). *PLOS ONE* 7:e48230 doi: 10.1371/journal.pone.0048230

Melloni, M., Sedeño, L., Couto, B., Reynoso, M., Gelormini, C., Favaloro, R., et al. (2013). Preliminary evidence about the effects of meditation on interoceptive sensitivity and social cognition. *Behav. Brain Funct.* 9:47. doi: 10.1186/1744-9081-9-47

Mirams, L., Poliakoff, E., Brown, R. J., and Lloyd, D. M. (2013). Brief body-scan meditation practice improves somatosensory perceptual decision making. *Conscious. Cogn.* 22, 348–359. doi: 10.1016/j.concog.2012.07.009

Nielsen, L., and Kaszniak, A. W. (2006). Awareness of subtle emotional feelings: a comparison of long-term meditators and nonmeditators. *Emotion* 6, 392–405. doi: 10.1037/1528-3542.6.3.392

Parkin, L., Morgan, R., Rosselli, A., Howard, M., Sheppard, A., Evans, D., et al. (2014). Exploring the relationship between mindfulness and cardiac perception. *Mindfulness* 5, 298–313. doi: 10.1007/s12671-012-0181-7

Paul, T., and Thiel, A. (2005). *Eating Disorder Inventory-2, Deutsche Version*. Göttingen: Hogrefe.

Pollatos, O., and Georgiou, E. (2016). Normal interoceptive accuracy in women with bulimia nervosa. *Psychiatry Res.* 240, 328–332. doi: 10.1016/j.psychres.2016.04.072

Pollatos, O., and Gramann, K. (2012). Attenuated modulation of brain activity accompanies emotion regulation deficits in alexithymia. *Psychophysiology* 49, 651–658. doi: 10.1111/j.1469-8986.2011.01348.x

Pollatos, O., Herbert, B. M., Berberich, G., Zaudig, M., Krauseneck, T., and Tsakiris, M. (2016). Atypical self-focus effect on interoceptive accuracy in anorexia nervosa. *Front. Hum. Neurosci.* 10:484. doi: 10.3389/fnhum.2016.00484

Pollatos, O., Kurz, A. L., Albrecht, J., Schreder, T., Kleemann, A. M., Schöpf, V., et al. (2008). Reduced perception of bodily signals in anorexia nervosa. *Eat. Behav.* 9, 381–388. doi: 10.1016/j.eatbeh.2008.02.001

Pollatos, O., Matthias, E., and Keller, J. (2015). When interoception helps to overcome negative feelings caused by social exclusion. *Front. Psychol.* 6:786. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00786

Pollatos, O., Traut-Mattausch, E., and Schandry, R. (2009). Differential effects of anxiety and depression on interoceptive accuracy. *Depress. Anxiety* 26, 167–173. doi: 10.1002/da.20504

Porges, S. W. (1993). *Fragebogen zur Körperwahrnehmung*. Available at: http://stephenporges.com/images/bpq_fragebogen.pdf [accessed May 10, 2016].

Ramel, W., Goldin, P. R., Carmona, P. E., and McQuaid, J. R. (2004). The effects of mindfulness meditation on cognitive processes and affect in patients with past depression. *Cogn. Ther. Res.* 28, 433–455. doi: 10.1023/B:COTR.0000045557.15923.96

Sauer-Zavala, S. E., Walsh, E. C., Eisenlohr-Moul, T. A., and Lykins, E. L. (2013). Comparing mindfulness-based intervention strategies: differential effects of sitting meditation, body scan, and mindful yoga. *Mindfulness* 4, 383–388. doi: 10.1007/s12671-012-0139-9

Schandry, R. (1981). Heart beat perception and emotional experience. *Psychophysiology* 18, 483–488. doi: 10.1111/j.1469-8986.1981.tb02486.x

Schandry, R., Bestler, M., and Montoya, P. (1993). On the relation between cardiodynamics and heartbeat perception. *Psychophysiology* 30, 467–474. doi: 10.1111/j.1469-8986.1993.tb02070.x

Schandry, R., and Weitkunat, R. (1990). Enhancement of heartbeat-related brain potentials through cardiac awareness training. *Int. J. Neurosci.* 53, 243–253. doi: 10.3109/00207459008986611

Terhaar, J., Viola, F. C., Bär, K. J., and Debener, S. (2012). Heartbeat evoked potentials mirror altered body perception in depressed patients. *Clin. Neurophysiol.* 123, 1950–1957. doi: 10.1016/j.clinph.2012.02.086

Tsakiris, M., Tajadura-Jiménez, A., and Costantini, M. (2011). Just a heartbeat away from one's body: interoceptive sensitivity predicts malleability of body-representations. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 278, 2470–2476. doi: 10.1098/rspb.2010.2547

Ussher, M., Spatz, A., Copland, C., Nicolaou, A., Cargill, A., Amini-Tabrizi, N., et al. (2014). Immediate effects of a brief mindfulness-based body scan on patients with chronic pain. *J. Behav. Med.* 37, 127–134. doi: 10.1007/s10865-012-9466-5

Vaitl, D. (1996). Interoception. *Biol. Psychol.* 42, 1–27. doi: 10.1016/0301-0511(95)05144-9

Van der Does, A. J. W., Antony, M. M., Ehlers, A., and Barsky, A. J. (2000). Heartbeat perception in panic disorder: a reanalysis. *Behav. Res. Ther.* 38, 47–62. doi: 10.1016/S0005-7967(98)00184-3

Weiss, H., Harrer, M. E., and Dietz, T. (2010). *Das Achtsamkeits-Buch*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Weiss, S., Sack, M., Henningsen, P., and Pollatos, O. (2014). On the interaction of self-regulation, interoception and pain perception. *Psychopathology* 47, 377–382. doi: 10.1159/000365107

Whitehead, W., Drescher, V., Heiman, P., and Blackwell, B. (1977). Relation of heart rate control to heartbeat perception. *Biofeedback Self Regul.* 2, 371–392. doi: 10.1007/BF00998623

Wölk, J., Sütterlin, S., Koch, S., Vögele, C., and Schulz, S. M. (2014). Enhanced cardiac perception predicts impaired performance in the Iowa Gambling Task in patients with panic disorder. *Brain Behav.* 4, 238–246. doi: 10.1002/brb3.206

Yang, C. C., Barrós-Loscertales, A., Pinazo, D., Ventura-Campos, N., Borchardt, V., Bustamante, J. C., et al. (2016). State and training effects of mindfulness meditation on brain networks reflect neuronal mechanisms of its antidepressant effect. *Neural Plast.* 2016:9504642. doi: 10.1155/2016/9504642

Zeidan, F., Johnson, S. K., Gordon, N. S., and Goolkasian, P. (2010). Effects of brief and sham mindfulness meditation on mood and cardiovascular variables. *J. Altern. Complement. Med.* 16, 867–873. doi: 10.1089/acm.2009.0321

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2017 Fischer, Messner and Pollatos. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.