

Neurale Korrelate der erotischen Stimulusverarbeitung bei Frauen unter Berücksichtigung endokriner und dispositioneller Faktoren

Kumulative Dissertation

Zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
im Fachbereich Psychologie und Sportwissenschaften
der Justus-Liebig-Universität Gießen



Vorgelegt von
Norina Manon Schmidt

Gießen, August 2024

Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Gießen, 16.08.2024 _____

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt PD Dr. Aisha Munk für die Betreuung dieser Arbeit und die Möglichkeit, in ihrem Projekt promovieren zu dürfen. Ich danke ihr für ihr ehrliches Interesse an meinen Ideen, ihre Unterstützung bei deren Umsetzung, ihr unendliches Vertrauen in mich, das mir auch in schwierigen Phasen immer wieder Mut gemacht hat und für alles, was sie mir im Laufe der Jahre beigebracht hat.

Bei Prof. Dr. Dr. Jürgen Hennig möchte ich mich ganz herzlich bedanken für seine Unterstützung, seine hilfreichen Anmerkungen und sein umfangreiches methodisches und inhaltliches Verständnis, von dem ich an vielen Stellen dieses Projekts profitieren durfte.

Von Herzen danken möchte ich auch meinen Kolleginnen Laura Geißert, Katrina Henkel und Anna Luxem für ihre Freundschaft, Wertschätzung, Anteilnahme und Hilfsbereitschaft, die für mich auf diesem Weg von unschätzbarem Wert waren.

Den Mitgliedern der Prüfungskommission danke ich für ihre Zeit und ihr Engagement bei der Begutachtung dieser Arbeit.

Abschließend gilt mein Dank den studentischen Hilfskräften und Studierenden, die an der Akquise und Datenerhebung im Projekt beteiligt waren, für ihre wertvolle Unterstützung.

Zusammenfassung

Erotische, sexuelle Reize begegnen uns im Alltag auf vielfältige Weise. Wie wir sie verarbeiten und auf sie reagieren hat bedeutsame Implikationen für unser sexuelles Wohlbefinden oder die Entstehung sexueller Funktionsstörungen. Dennoch ist bislang wenig darüber bekannt, welche Bedeutung endokrine und dispositionelle Faktoren für die erotische Stimulusverarbeitung haben, obgleich ihr potenzieller Einfluss auf die sexuelle Gesundheit vielfältig diskutiert wird. Um diese Forschungslücke zu adressieren, wurde im vorliegenden Dissertationsprojekt der Zusammenhang ausgewählter endokriner und dispositioneller Faktoren mit neuralen Korrelaten der emotionalen und erotischen Stimulusverarbeitung untersucht. Die neurale Ansprechbarkeit wurde dabei mittels ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs) erfasst. Diese stimulusgekoppelten Potentialveränderungen im Elektroenzephalogramm (EEG) konnten in vorherigen Untersuchungen mit spezifischen kognitiven und emotional-motivationalen Prozessen in Verbindung gebracht werden, wodurch sich ihre besondere Eignung für die Erfassung der Stimulusverarbeitung ergibt.

Aufgrund der weiten Verbreitung oraler hormoneller Kontrazeptiva (OHK) und ihrem inhärenten Einfluss auf die weibliche Sexualität widmete sich die erste Publikation möglichen Veränderungen der subjektiven und neuralen Verarbeitung emotionaler und erotischer Stimuli unter OHK-Einnahme. Die Ergebnisse offenbarten keine Unterschiede zwischen freizyklisierenden Frauen und Verwenderinnen von OHK bezüglich der subjektiven Valenz- und Arousaleinschätzung erotischer, positiver oder neutraler Stimuli. Auch unterschieden sich die Gruppen nicht hinsichtlich früher oder später EKPs. Die frühe posteriore Negativierung (EPN) war dabei als Marker für frühe, selektive Aufmerksamkeitsprozesse erhoben worden, das späte positive Potential (LPP) als Indikator für die mit einem Stimulus verbundene motivationale Salienz und Annäherungsmotivation. Innerhalb der Gruppe der OHK-Verwenderinnen zeigten sich Unterschiede zwischen aktiven und inaktiven Phasen des Einnahmeschemas. Die LPP-Amplitudendifferenz zwischen erotischen und neutralen Stimuli fiel innerhalb der siebentätigen Pillenpause und zu Beginn eines neuen Pillenblisters geringer aus als in der Mitte des 21-tätigen aktiven Einnahmephase. Dieser Befund lässt sich vor dem Hintergrund hormoneller Veränderungen zu Beginn bzw. am Ende des Einnahmerhythmus erklären.

Grundlage der zweiten Publikation bildete das von John Bancroft und Erick Janssen vorgestellte duale Kontrollmodell (DKM) zur Beschreibung interindividueller Unterschiede in sexuellen Reaktionen. Hier zeigte sich ein negativer Zusammenhang zwischen der sexuellen Inhibition und der selbstberichteten sexuellen Funktion. Außerdem ergab sich für die neurale Ansprechbarkeit auf erotische Reize eine signifikante Interaktion zwischen Inhibitions- und Exzitationstendenzen. Eine stärkere Neigung zur sexuellen Inhibition ging mit geringeren LPP-Amplituden in Reaktion auf erotische Stimuli einher. Die Stärke dieses Zusammenhangs war jedoch reduziert bei Frauen, die gleichzeitig von einer ausgeprägten Exzitationsneigung berichteten. Dieser Befund kann als Beleg für das von Bancroft und Janssen propagierte dynamische Zusammenspiel von Exzitations- und Inhibitionstendenzen interpretiert werden.

Zusammengefasst betonen die Ergebnisse beider Untersuchungen die besondere Bedeutung dispositioneller Faktoren für die erotische Stimulusverarbeitung. Der Einfluss endokriner Faktoren scheint dagegen komplexer und von vielen Faktoren abhängig zu sein, die im Laufe der Arbeit diskutiert werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Theoretischer Hintergrund	2
2.1 Erotische Stimulusverarbeitung	2
2.2 Orale hormonelle Kontrazeption, sexuelle Funktion und erotische Stimulusverarbeitung.....	5
2.3 Dispositionelle Faktoren, sexuelle Funktion und erotische Stimulusverarbeitung	7
3 Arbeiten im Rahmen des Dissertationsprojektes.....	8
3.1 Übergeordnete Fragestellung.....	8
3.2 Beschreibung des Dissertationsprojekts	9
3.3 Assoziationen von oraler hormoneller Kontrazeption mit der neuralen und subjektiven Ansprechbarkeit auf positives und erotisches Stimulusmaterial (Schmidt et al., 2022)	10
3.4 Das Zusammenspiel von sexueller Exzitation und Inhibition in Bezug auf die sexuelle Funktion und neurale Korrelate der erotischen Stimulusverarbeitung (Schmidt et al., 2024)	14
4 Studienübergreifende Diskussion und Ausblick	17
5 Fazit	22
6 Literaturverzeichnis	23
7 Publikationsverzeichnis	40
7.1 Arbeiten im Rahmen des Dissertationsprojekts	40
7.2 Weitere Publikationen	40
8 Anhang.....	41
8.1 Publikation 1	41
8.2 Publikation 2	60

1 Einleitung

„Sexuelle Gesundheit ist der Zustand körperlichen, emotionalen, geistigen und sozialen Wohlbefindens bezogen auf die Sexualität und bedeutet nicht nur die Abwesenheit von Krankheit, Funktionsstörungen oder Schwäche. Sexuelle Gesundheit erfordert sowohl eine positive, respektvolle Herangehensweise an Sexualität und sexuelle Beziehungen als auch die Möglichkeit für lustvolle und sichere sexuelle Erfahrungen [...].“

– Weltgesundheitsorganisation [WHO], 2006, S.5¹

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) liefert mit dieser Definition eine umfassende Beschreibung des Begriffs „sexuelle Gesundheit“. Die Forderung nach einer erfüllenden Sexualität als Grundlage für sexuelle Gesundheit lässt sich jedoch nur erreichen, wenn Individuen sowie medizinische und gesellschaftliche Akteure über umfangreiches Wissen in Bezug auf sexuelle Gesundheit, diesbezügliche Risiko- und Schutzfaktoren sowie Strategien zur Aufrechterhaltung und Wiederherstellung der sexuellen Gesundheit verfügen (WHO, 2015). Demgegenüber steht bislang ein Mangel an Forschungsergebnissen zu den Grundlagen der Sexualität und des sexuellen Erlebens sowie zur Behandlung sexueller Funktionsstörungen, insbesondere bei Frauen (Mestrebach et al., 2022; Oliveira et al., 2024; van 't Hof & Cera, 2021).

Folgt man dem biopsychosozialen Verständnis der (sexuellen) Gesundheit, so wird diese von biologischen, psychologischen und sozialen Aspekten gleichermaßen beeinflusst (Berry & Berry, 2013). Viele biologisch orientierte Studien zur sexuellen Gesundheit beschäftigen sich mit endokrinen Faktoren (Buvat et al., 2010; Wierman et al., 2010). Im Kontext weiblicher Sexualität stehen dabei sowohl die hormonellen Schwankungen im Verlauf des Menstruationszyklus als auch die Veränderung des natürlichen Hormonhaushalts durch die Einnahme hormoneller Kontrazeptiva, wie die „Anti-Baby-Pille“ oder die Hormonspirale, im Zentrum des Interesses. Unbestreitbar ist, dass solche Präparate durch ihre kontrazeptive Wirkung einen Einfluss auf die (weibliche) Sexualität haben. Schließlich ermöglichen sie, ebenso wie andere kontrazeptive Optionen, sexuelle Aktivität von der Fortpflanzung zu entkoppeln. Im Rahmen der „sexuellen Revolution“ wurde dementsprechend vor allem die sexuelle Befreiung gefeiert, die es Frauen erleichterte, ihre Sexualität selbstbestimmt und ohne Sorge vor einer ungewollten Schwangerschaft auszuleben (Burrows et al., 2012). Auch heute noch schätzen viele Frauen orale hormonelle Kontrazeptiva (OHK) als einfaches und sicheres Verhütungsmittel. So nahmen 2020 insgesamt 150 Millionen Frauen, d.h. 15,7% derjenigen im gebärfähigen Alter, OHK ein (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2022). Auf der Kehrseite stehen jedoch Berichte über einen unter OHK-Einnahme beobachteten Libidoverlust (Huang et al., 2020; Lundin et al., 2018; Zethraeus et al., 2016), der vor allem medial stark diskutiert wird (z.B. Gerhard, 2017; Kubitschek, 2005). Diesen Diskussionen gegenüber stehen wissenschaftliche Untersuchungen, die bislang zu keinem eindeutigen Ergebnis hinsichtlich des Einflusses hormoneller Kontrazeptiva auf die weibliche Sexualität gelangen konnten (Both et al., 2019; Pastor et al., 2013). Auch über zugrundeliegende Mechanismen einer möglichen OHK-assoziierten Veränderung besteht bislang keine Einigkeit. Da mögliche Auswirkungen auf die Sexualität aber einen zentralen Aspekt darstellen, den Frauen bei der Auswahl bzw. dem Wechsel kontrazeptiver Optionen stark berücksichtigen (Higgins et al., 2020; Malmberg et al., 2016; Sanders et al., 2001), ist es umso wichtiger, dass sie diesbezüglich auf Grundlage aktueller Befunde angemessen beraten werden können. Daher erscheint es hilfreich, Prozesse, die sexuellem Erleben und Verhalten zugrunde liegen, näher zu betrachten, um mögliche Pathomechanismen identifizieren und ggf. gezielt modulieren zu können. Die Verarbeitung sexueller Hinweisreize ist ein solcher Prozess, dem in zahlreichen Modellen zur sexuellen Motivation eine zentrale Rolle zugeschrieben wird (Kapitel 2.1). Forschungsbefunde zum Zusammenhang von OHK und erotischer Stimulusverarbeitung gibt es bislang aber kaum (Kapitel 2.2). Dementsprechend widmet sich die erste Publikation dem Zusammenhang zwischen OHK und der subjektiven sowie neuralen Verarbeitung von emotionalen, insbesondere erotischen, Reizen.

¹ Deutsche Übersetzung nach WHO-Regionalbüro für Europa und BZgA (2011)

Eine Betrachtung (weiblicher) Sexualität ausschließlich vor dem Hintergrund hormoneller Faktoren greift jedoch zu kurz. Kulturelle, gesellschaftliche und religiöse Ansichten zum Thema Sexualität und interpersonelle Faktoren, wie Beziehungsqualität und -dauer, die natürlicherweise einen Einfluss auf das sexuelle Erleben haben, zählen zu den sozialen Bedingungsfaktoren (z.B. Atallah et al., 2016; Rausch & Rettenberger, 2021). Individuen unterscheiden sich aber auch beziehungsunabhängig in ihrem Interesse an sexuellen Reizen und sexueller Aktivität sowie ihren damit verbundenen sexuellen Reaktionen, was die Bedeutsamkeit individueller Dispositionen für die sexuelle Gesundheit betont (Kagerer et al., 2014; Tavares et al., 2020). Psychologische Einflussfaktoren umfassen sowohl allgemeine Faktoren, wie die psychische Gesundheit (z.B. Herder et al., 2023) und basale Persönlichkeitsdimensionen (z.B. Allen & Walter, 2018), als auch spezifischere Aspekte wie Einstellungen und kognitive Schemata zum Thema Sexualität (z.B. Dosch et al., 2016; Rellini & Meston, 2011; Tavares et al., 2020). Zu diesen spezifischen Einflussfaktoren zählen auch interindividuelle Unterschiede in der Neigung zur sexuellen Exzitation und Inhibition, wie sie im dualen Kontrollmodell (DKM) beschrieben werden (Bancroft & Janssen, 2000; Janssen & Bancroft, 2007). Obgleich beiden Dimensionen laut Modell distinkte neurophysiologische Prozesse zugrunde liegen sollen, sind neurowissenschaftliche Untersuchungen des Modells bislang selten (Janssen & Bancroft, 2023). Es bietet jedoch eine umfangreiche theoretische Grundlage für das Verständnis sexueller Reaktionen und hat sich auch in Bezug auf die Vorhersage von sexueller Funktion und Sexualverhalten als nützlich erwiesen (für eine Übersicht siehe Bancroft et al., 2009; Janssen & Bancroft, 2023). Da sich aus individuellen Ausprägungskombinationen von sexueller Exzitation und Inhibition möglicherweise unterschiedliche Herangehensweisen für die Behandlung sexueller Funktionsstörungen und die Förderung der sexuellen Gesundheit ergeben könnten (Poels et al., 2014; Velten, 2017), ist es hier ebenso relevant, zugrundeliegende Prozesse, wie die erotische Stimulusverarbeitung, besser zu verstehen (Kapitel 2.3). Dementsprechend widmet sich die zweite Publikation dem Zusammenspiel von sexueller Inhibition und Exzitation in Bezug auf die sexuelle Funktion und erotische Stimulusverarbeitung bei Frauen.

Zusammenfassend sind die Befunde beider Untersuchungen insbesondere deshalb relevant, weil ein vertieftes Verständnis der Prozesse im Zusammenhang mit weiblicher Sexualität, die von endokrinen oder dispositionellen Faktoren beeinflusst werden, für die Entwicklung zielgerichteter und personalisierter Interventionen unabdingbar ist. Der Mangel an Wissen über diese Prozesse kann als ein ausschlaggebender Grund angesehen werden, aus dem evidenzbasierte Interventionen, die die sexuelle Gesundheit von Frauen fördern sollen, bislang rar sind oder sogar vollständig fehlen (Brauer et al., 2012; Mestre-Bach et al., 2022; Oliveira et al., 2024). Zurückzuführen ist dieser Mangel unter anderem auf eine überproportional häufige Rekrutierung männlicher Stichproben im Kontext der Sexualforschung. Diese wird nicht zuletzt auch mit der Komplexität weiblicher Hormonzyklen begründet (van 't Hof & Cera, 2021). Werden weibliche Stichproben untersucht, dann oft nur im Kontext sexueller Funktionsstörungen (van 't Hof & Cera, 2021). Umso wichtiger ist eine fundierte wissenschaftliche Befundlage zur weiblichen Sexualität auch in nicht-klinischen Stichproben, um das von der WHO formulierte Ziel der umfassenden sexuellen Gesundheit gewährleisten zu können.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Erotische Stimulusverarbeitung

Zahlreiche Autoren haben in den vergangenen Jahrzehnten theoretische Modelle zum zeitlichen Ablauf von sexuellen Reaktionen und Sexualverhalten sowie entsprechenden Einflussfaktoren aufgestellt (für einen Überblick siehe Janssen, 2007). Während diese Modelle Sexualität aus verschiedenen Perspektiven betrachten, unterschiedliche Schwerpunkte setzen und es weitreichende Diskussionen über die Definition und Abgrenzung zentraler Begriffe gibt (vgl. Janssen, 2007), lassen sich in diesen Modellen auch Übereinstimmungen in relevanten Aspekten und Prozessen ausmachen. Vielen Modellen gemeinsam ist, dass sie die Wahrnehmung und kognitive Verarbeitung sexueller Hinweisreize als ersten Schritt einer Kaskade sehen, an deren Ende schließlich physiologische und motorische Veränderungen stehen, die als sexuelle Erregung wahrgenommen werden und zu Sexualverhalten führen können (Ågmo & Laan, 2023; Janssen &

Bancroft, 2007; Janssen et al., 2000; Pfaus, 2007; Toates, 2009). Dabei spielen miteinander interagierende Wahrnehmungs-, Aufmerksamkeits- und (motivationale) Bewertungsprozesse eine entscheidende Rolle (siehe Abbildung 1).

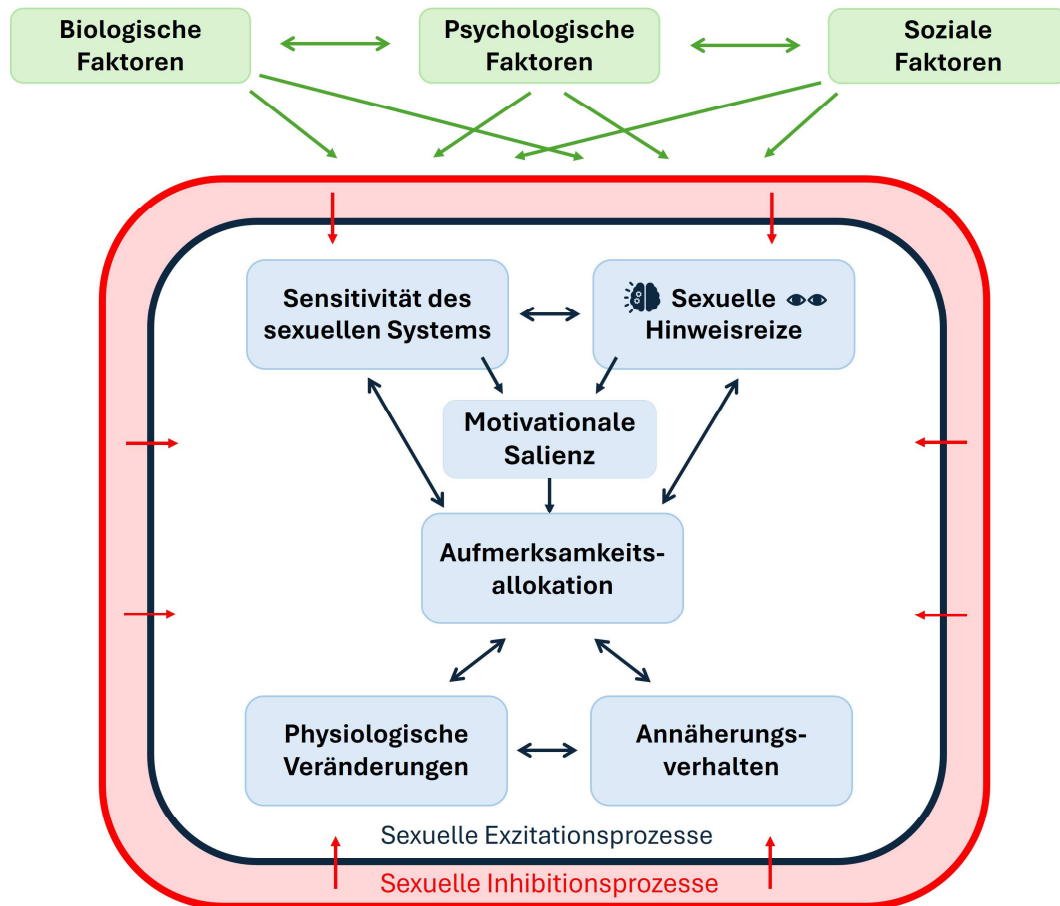


Abbildung 1. Interagierende Prozesse bei der Verarbeitung sexueller Hinweisreize. Eigene Darstellung, angelehnt an Ågmo & Laan, 2023; Janssen & Bancroft, 2007; Janssen et al., 2000; Pfaus, 2007; Stoléru & Mouras, 2007; Toates, 2009.

Die genannte Modelle gehen davon aus, dass interne oder externe sexuelle Stimuli von einem mehr oder weniger sensitiven sexuellen System innerhalb des zentralen Nervensystems (ZNS) verarbeitet werden (Brauer et al., 2012; Toates, 2009). Wie stark ein Reiz sein muss, um wahrgenommen zu werden und sexuelles Verlangen und sexuelle Erregung auszulösen, ist abhängig von der Sensitivität bzw. Erregbarkeit des sexuellen Systems (Ågmo & Laan, 2023). Diese wird von biologischen und lebensgeschichtlichen Faktoren beeinflusst (Pfaus, 2007). Aus den spezifischen Merkmalen eines Stimulus und deren interner Verarbeitung innerhalb des sexuellen Systems (z.B. Abgleich mit vorherigen Erfahrungen) ergibt sich die motivationale Salienz, die diesem Stimulus zugeordnet wird. Sie bestimmt, wie viele Aufmerksamkeitsressourcen für die Verarbeitung bereitgestellt werden und wie stark physiologische Veränderungen und Annäherungsmotivation und -verhalten ausfallen (Janssen et al., 2000; Pfaus, 2007; Toates, 2009). Zwar besitzen erotische Stimuli durch ihre evolutionäre Bedeutung eine inhärente motivationale Salienz (Briggs & Martin, 2009; Sennwald et al., 2016; Sescousse et al., 2013), das Ausmaß dieser Salienz kann jedoch intra- und interindividuell variieren. Moduliert wird es unter anderem durch endokrine Einflüsse. Beispielsweise geht die Ovulatory-Shift-Hypothese (OSH) davon aus, dass bestimmte Charakteristika potentieller Sexualpartner (z.B. körperliche Symmetrie, tiefe Stimmlage, markante Gesichtszüge), die evolutionär als Indikatoren einer besonders adaptiven genetischen Ausstattung angesehen werden, zum Zeitpunkt der Ovulation attraktiver bewertet werden und mit einer stärkeren Annäherungsmotivation verbunden sind, als in nicht-fruchtbaren Phasen des

Menstruationszyklus (Gildersleeve et al., 2014). Analog dazu zeigten Untersuchungen ein stärkeres sexuelles Verlangen während der Ovulation sowie Assoziationen zwischen der neuralen Ansprechbarkeit auf erotische Reize und der Konzentration von Östradiol – einem Sexualsteroid, das maßgeblich für den weiblichen Zyklus ist und dessen Konzentration zum Zeitpunkt der Ovulation ansteigt (Arslan et al., 2021; Munk, Dickhaeuser et al., 2020; Munk et al., 2018; Pillsworth et al., 2004). Dieser Logik folgend könnte die motivationale Salienz erotischer Stimuli bei OHK-Anwenderinnen geringer ausfallen, da die hormonellen Schwankungen, auf denen die Fruchtbarkeit basiert, durch die künstlichen Hormone unterbunden werden (siehe Kapitel 2.2).

Die Einschätzung der motivationalen Salienz hängt jedoch nicht nur von hormonellen Faktoren ab, auch dispositionelle, psychologische Faktoren spielen eine Rolle. Dies betrifft sowohl basale Persönlichkeitsdimensionen, wie z.B. die Impulsivität (Munk, Schmidt & Hennig, 2020), als auch sexualitätsbezogene Facetten (siehe Kapitel 2.3). Die Ausbildung solcher Dispositionen wird neben genetische Faktoren auch von individuellen Umwelterfahrungen (mit erotischem Stimulusmaterial) beeinflusst (Janssen & Bancroft, 2007; Varjonen et al., 2007). Im Zusammenhang mit der sexuellen Appetenzstörung wird beispielsweise das Fehlen von positiven, belohnenden Assoziationen mit erotischen Stimuli als ein möglicher Pathomechanismus diskutiert (Ågmo & Laan, 2023; Both et al., 2007; Brauer et al., 2012).

Wird ein Stimulus wahrgenommen und als motivational relevant bewertet, folgen physiologische Veränderungen, die ebenfalls wahrgenommen werden und ggf. erfolgt eine Annäherung an den Stimulus (Ågmo & Laan, 2023; Pfaus, 2007; Stoléru & Mouras, 2007). Da der Ausdruck sexueller Reaktionen jedoch nicht in allen Situationen angemessen ist und potenziell gefährlich sein kann, existieren gleichzeitig inhibitorische Prozesse, die sich auf unterschiedliche Aspekte der Verarbeitung auswirken können. Stoléru und Mouras (2007) definierten auf Grundlage neurowissenschaftlicher Untersuchungen verschiedene Formen der Inhibition: zum einen eine tonische Inhibition, die bei entsprechend starker sexueller Stimulation abnimmt, zum anderen inhibitorische Prozesse, die die Einschätzung sexueller Stimuli als belohnend und motivational-relevant reduzieren, oder solche, die tatsächliches Sexualverhalten unterbinden. Auch diese inhibitorischen Prozesse werden von biologischen, dispositionellen und lebensgeschichtlichen Faktoren beeinflusst (Bancroft, 1999; Pinxten & Lievens, 2015; Varjonen et al., 2007) und eine verstärkte bzw. verringerte Ausprägung kann sexuellen Funktionsstörungen bzw. hypersexuellem Verhalten zugrunde liegen (Quinta Gomes et al., 2022; Rettenberger et al., 2016; Velten, 2017).

Aus der Integration verschiedener Modelle wird deutlich, dass attentionale, emotionale und motivationale Prozesse an der Verarbeitung erotischer Stimuli und den daraus resultierenden sexuellen Reaktionen beteiligt sind. Ziel sexualwissenschaftlicher Untersuchungen sollte daher sein, genau dieses Zusammenspiel bei der Verarbeitung erotischer Stimuli zu untersuchen. Während die Sexualwissenschaft sich in ihren Anfängen primär auf die Erfassung genitaler sexueller Reaktionen fokussierte, haben neurowissenschaftliche Untersuchungen in den letzten 20 Jahren zunehmend an Relevanz gewonnen. Gegenüber genitalen Messungen weisen sie einige Vorteile auf (van Lankveld & Smulders, 2008). So sollten Selbstselektionseffekte, wie z.B. eine überdurchschnittliche sexuelle „Offenheit“ bei Personen, die sich zur Teilnahme an einer Untersuchung bereiterklären, die die Applikation genitaler Messgeräte in einer Laborumgebung beinhaltet, bei neuralen Untersuchungen weniger stark ausgeprägt sein. Während genitale Messungen eine geringe zeitliche Auflösung besitzen, können neurowissenschaftliche Untersuchungen außerdem Hinweise auf frühe, kognitive Verarbeitungsstufen liefern (van Lankveld & Smulders, 2008). Diesbezüglich erscheint insbesondere die Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs) mittels elektroenzephalographischer Methoden gewinnbringend, da sie eine sehr hohe zeitliche Auflösung besitzen (Hajcak et al., 2009; van Lankveld & Smulders, 2008). EKPs zeigen sich als stimulusgekoppelte Potentialveränderungen im Elektroenzephalogramm (EEG), die durch Mittelung über mehrfache Stimuluspräsentation aus der Spontanaktivität des Gehirns hervortreten. Zur Erforschung emotionaler Verarbeitungsprozesse sind sie insbesondere deshalb geeignet, weil einzelne Komponenten der reizbezogenen Aktivität mit entsprechenden kognitiven und emotional-motivationalen Prozessen in Verbindung gebracht werden konnten (Hajcak et al.,

2010). Auch für die Untersuchung der erotischen Stimulusverarbeitung wurden ereignis-korrelierte Potentiale bereits gewinnbringend eingesetzt (Huberman et al., 2023; Ziogas et al., 2023). Vor allem das sogenannte späte positive Potential (Late Positive Potential, LPP) erwies sich in diesem Zusammenhang als relevant. Es zeigt sich, beginnend etwa 400 ms nach Stimulus-präsentation, als zentro-parietales EKP mit höheren Amplituden in Reaktion auf emotionale vs. neutrale Stimuli. Diese emotionale Modulation kann mehrere hundert Millisekunden anhalten (Hajcak et al., 2010; Schupp et al., 2006). Das LPP wird als neurophysiologischer Marker einer gesteigerten Aufmerksamkeitsallokation und Annäherungsmotivation hin zu motivational salienten und belohnungsassoziierten Stimuli betrachtet (Ferrari et al., 2008; Gable & Harmon-Jones, 2013; Hajcak et al., 2012; Langeslag & van Strien, 2013; Meadows et al., 2016). Entsprechend zeigen sich höhere Amplituden für motivational hoch-saliente Stimuli im Vergleich zu Stimuli anderer emotionaler Kategorien (Schupp et al., 2000; van Lankveld & Smulders, 2008; Webber et al., 2022). Daher eignet sich das LPP besonders für die Analyse der emotionalen Verarbeitung von erotischem Stimulusmaterial (Munk, Dickhaeuser et al., 2020; Prause et al., 2015; van Lankveld & Smulders, 2008).

2.2 Orale hormonelle Kontrazeption, sexuelle Funktion und erotische Stimulusverarbeitung

Die kontrazeptive Wirkung kombinierter OHKs (i.d.R. Ethinylestradiol + variables Gestagen) entsteht durch die Stimulation negativer Feedbackschleifen der Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden (HPG)-Achse, durch die die Freisetzung des Gonadotropin-releasing-Hormons (GnRH) und der Gonadotropine LH (luteinisierendes Hormon) und FSH (follikelstimulierendes Hormon) reduziert wird. In der Folge bleiben Eizellreifung und Ovulation aus, auch die in den Eierstöcken stattfindende Produktion von Östrogenen, Androgenen und Progesteron wird unterbunden. Lokal bewirken OHK darüber hinaus eine Verdickung des Zervixschleims und eine Reduktion der Tubenmotilität. Außerdem hemmen sie die Proliferation des Endometriums. Die kontrazeptive Wirkung beruht primär auf der enthaltenen Gestagenkomponente, die zwischen Präparaten variiert. Das meist verwendete Ethinylestradiol dient vor allem der Zyklusstabilisierung, trägt aber in geringem Maße ebenfalls zur Kontrazeption bei (Fillenberg, 2017; Wiegratz, 2024).

Bezüglich möglicher Ursachen einer veränderten Sexualfunktion unter OHK-Einnahme werden verschiedene Mechanismen diskutiert (Both et al., 2019). Zusätzlich zu der beschriebenen Wirkung auf die HPG-Achse bewirken OHK einen Anstieg des hepatisch produzierten Sexhormon-bindenden-Globulins (SHBG), der eine Reduktion der Konzentration von freiem Testosteron zur Folge hat (Wiegratz et al., 2003). Diese Testosteronreduktion wurde vielfach als Ursache des reduzierten sexuellen Verlangens unter OHK-Einnahme angeführt, der propagierte Zusammenhang konnte bislang empirisch allerdings nicht bestätigt werden (Graham et al., 2007; Pastor et al., 2013; Zethraeus et al., 2016). Auch die grundsätzliche Bedeutung von Testosteron für das (weibliche) sexuelle Verlangen ist bislang unzureichend verstanden (van Anders, 2012). Mögliche Zusammenhänge zwischen der Reduktion körpereigener Hormone und der sexuellen Funktion lassen sich grundsätzlich dadurch erklären, dass diese Sexualsteroiden auf eine Vielzahl von Organsystemen einwirken (Farage et al., 2008; Pillerová et al., 2021). Für die Sexualität sind vor allem Effekte auf die Geschlechtsorgane und das ZNS relevant. So wurden unter OHK-Einnahme beispielsweise Veränderungen des vaginalen Gewebes beschrieben, die z.B. mit Schmerzen während des Geschlechtsverkehrs einhergehen und somit Sexualität beeinflussen können (Bouchard et al., 2002; Greenstein et al., 2007). Auf zentralnervöser Ebene lassen sich sowohl strukturelle und neurochemische als auch funktionelle Veränderungen unter OHK-Einnahme beobachten. Diese wurden zwar bislang kaum im Kontext weiblicher Sexualität untersucht, sie könnten die Verarbeitung von sexuellen Reizen und die Regulation sexueller Reaktionen aber potenziell beeinflussen. Mögliche Ursache solcher Veränderungen ist, neben der Reduktion körpereigener Sexualsteroiden, auch eine Reduktion zugehöriger Metaboliten, wie beispielsweise Allopregnanolon, das als Neurosteroid ebenfalls auf das ZNS einwirken kann (Rapkin et al., 2006). Sexualsteroiden und ihre Metaboliten wirken über genomische und nicht-genomische Signalwege auf die synaptische Transmission ein, sie beeinflussen Stoffwechselprozesse, Myelinisierung, Neurogenese, Apoptose und synaptische Plastizität sowie die Ausbildung dendritischer Spines.

Folglich können sie sowohl die Morphologie als auch die Aktivität des ZNS beeinflussen und sind an der Regulation verschiedener Hirnfunktionen wie Lernen, Gedächtnis, Motivation, Emotion, Kognition, Sozial- und Sexualverhalten beteiligt (Del Río et al., 2018; Rossetti et al., 2016). Die in OHK enthaltenen synthetischen Hormone können ebenfalls an Östrogen- und Progesteronrezeptoren binden, sie unterscheiden sich diesbezüglich aber von den natürlicherweise im Körper vorkommenden Hormonen sowohl in der Affinität für bestimmte Rezeptor(-typ)en als auch hinsichtlich ihrer Metabolisierung (Hampson, 2023; Mitchell & Welling, 2020; Sitruk-Ware & Nath, 2013). Folglich können bekannte zentralnervöse Effekte körpereigener Sexualsteroiden nicht in gleichem Maße auf synthetische Hormone übertragen werden. Auch können sich, je nach spezifischer Rezeptorexpression, unterschiedliche Konsequenzen der OHK-Einnahme in verschiedenen Zielgeweben ergeben (Fruzzetti & Fidecicchi, 2020; Hampson, 2023). Als Folge der beschriebenen Einflüsse zeigen sich bei OHK-Verwenderinnen beispielsweise Veränderungen der serotonergen und dopaminergen Neurotransmission (Larsen et al., 2020; Taylor et al., 2023), die unter anderem für sexuelle Reaktionen und erotische Stimulusverarbeitung relevant sind (Calabrò et al., 2019; Graf et al., 2019). Studien zeigen außerdem Veränderungen in der Struktur und Konnektivität von Hirnarealen, die an der Verarbeitung von emotionalen Informationen und Belohnungsreizen beteiligt sind (Brønneck et al., 2020; Heller et al., 2022; Taylor et al., 2021). Zu diesen Arealen, die auch in die Verarbeitung erotischer Stimuli involviert sind (für einen Überblick siehe Bittoni & Kiesner, 2023), zählen beispielsweise der Präfrontalkortex, Hypothalamus, Hippocampus und Gyrus parahippocampalis, die Amygdala und Insula sowie der anteriore Gyrus cinguli, das Putamen und das Cerebellum (für einen Überblick siehe Heller et al., 2022).

Es sei an dieser Stelle aber auch auf darüberhinausgehende Effekte der OHK-Einnahme verwiesen, die einen Einfluss auf die weibliche bzw. partnerschaftliche Sexualität haben können. Diese umfassen den sicheren Verhütungsschutz, durch den Sexualität unbeschwerter erlebt werden kann, sowie die Behandlung gynäkologischer Krankheitsbilder, wie Endometriose oder polyzystische Ovarialsyndrom (PCOS), die mit sexualitätsbezogenen Beschwerden einhergehen können. OHK können außerdem eingesetzt werden, um androgenassoziierte Beschwerden wie Akne oder Hirsutismus zu lindern, die sich negativ auf Körperbild und Selbstwert auswirken können (Both et al., 2019; Palacios & Lilue, 2018).

Ausgehend von den beschriebenen Aspekten liegt ein Einfluss von OHK auf das sexuelle Erleben und Verhalten nahe. Entsprechende Untersuchungen offenbaren jedoch ein heterogenes Bild (Both et al., 2019; Pastor et al., 2013). Aus zumeist querschnittlichen Untersuchungen ergeben sich sowohl Hinweise auf eine geringere sexuelle Funktion bzw. geringeres sexuelles Verlangen bei Verwenderinnen hormoneller Kontrazeptiva (z.B. Malmborg et al., 2016; Smith et al., 2014; Wallwiener et al., 2010), keine Unterschiede zwischen freizyklierenden Frauen und OHK-Verwenderinnen (z.B. Arslan et al., 2021; Martin-Loeches et al., 2003), oder auf eine Zunahme der sexuellen Funktion nach Initiierung von OHK (z.B. Caruso et al., 2005; Strufaldi et al., 2010). Die bislang einzige Metaanalyse zu diesem Thema kam zu dem Schluss, dass ein negativer Zusammenhang zwischen hormoneller Kontrazeption und sexuellem Verlangen besteht (Huang et al., 2020). Auch Ergebnisse der zwei bisher größten RCTs deuten darauf hin, dass OHK Subkomponenten der sexuellen Funktion, wie Verlangen, Erregung und Vergnügen, beeinflussen können. Sie scheinen aber keinen grundsätzlichen, domänenübergreifenden Einfluss auf die sexuelle Funktion zu haben (Lundin et al., 2018; Zethraeus et al., 2016). Ob diesen Befunden Unterschiede in der erotischen Stimulusverarbeitung zugrunde liegen, wurde bislang kaum untersucht. Im Rahmen einer sehr aktuellen Studie erhoben Handy et al. (2023) beispielsweise Maße der genitalen Erregung während eines erotischen Filmparadigmas und berichteten von einem geringeren vaginalen Blutfluss und einer geringeren Lubrikation in der OHK-Gruppe im Vergleich zu freizyklierenden Frauen. Dieser Befund könnte sowohl auf periphere Veränderungen des vaginalen Gewebes als auch auf eine veränderte kognitive Verarbeitung von erotischem Material zurückzuführen sein. Erste Hinweise für eine solche veränderte kognitive Verarbeitung lieferte eine funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)-Studie von Abler et al. (2013). Dort zeigten sich im Vergleich von OHK-Verwenderinnen und freizyklierenden Frauen zwar keine Unterschiede bezüglich der subjektiven Arousalbewertung oder der hämodynamischen Reaktion

in Versuchsbedingungen, in denen erotische Bilder oder Videos präsentiert wurden. In der Antizipationsphase ließ sich jedoch eine geringere Aktivität verschiedener Hirnareale (u.a. Insula, dorsomedialer Präfrontalkortex, Gyrus cinguli, inferiorer Parietalkortex) bei OHK-Verwenderinnen im Vergleich zu freizyklierenden Frauen beobachten. Monciunskaitė et al. (2019) wiesen außerdem auf eine reduzierte neurale Ansprechbarkeit, gemessen mittels LPP-Amplituden, in Reaktion auf visuelle Stimuli bei OHK-Verwenderinnen hin. Diese zeigte sich allerdings sowohl für erotische als auch für alle anderen emotionalen und neutralen Bildstimuli.

2.3 Dispositionelle Faktoren, sexuelle Funktion und erotische Stimulusverarbeitung

Elaut und Kollegen konstatierten in einer Studie zu den Auswirkungen verschiedener kontrazeptiver Optionen, dass die erhobenen Baseline-Werte des sexuellen Verlangens der beste Prädiktor für die entsprechenden Werte am Ende der Studie waren (Elaut et al., 2012). Sie interpretierten dies als Beleg für stabile interindividuelle Unterschiede, die sich unabhängig von Veränderungen des hormonellen Niveaus zeigten. Zu einem ähnlichen Schluss kamen Kiesner und Kollegen (2023) bei einer Analyse des selbstberichteten sexuellen Verlangens im Verlauf des Menstruationszyklus. In Übereinstimmung mit der OSH zeigte sich im Mittel zwar ein Anstieg des sexuellen Verlangens während der Ovulation. Weit größer als die zyklusbedingten Schwankungen waren jedoch interindividuelle Unterschiede. Die Annahme, dass stabile, interindividuelle Dispositionen Unterschieden im sexuellem Erleben und Verhalten zugrunde liegen, wird durch Ergebnisse gestützt, die von einer moderaten Stabilität der sexuellen Funktion über mehrere Jahre hinweg berichten (Burri et al., 2015). Auch subjektive und neurale Reaktionen auf erotische Stimuli scheinen über einen Zeitraum von mind. anderthalb Jahren relativ stabil zu sein (Wehrum-Osinsky et al., 2014). Die neurale Aktivität während der Verarbeitung erotischer Stimuli konnte außerdem mit zukünftigem sexuellem Verlangen und sexueller Aktivität in Verbindung gebracht werden (Demos et al., 2012), was die Validität neurowissenschaftlicher Untersuchungen betont. Wie sensitiv Individuen grundsätzlich auf erregungsinduzierende Reize, z.B. die Anwesenheit von als attraktiv bewerteten Personen, körperliche Nähe oder sexuelle Fantasien, reagieren, wird im Rahmen des DKM als sexuelle Exzitationstendenz beschrieben. Das DKM betrachtet aber auch eine weitere stabile Disposition im Zusammenhang mit der erotischen Stimulusverarbeitung und sexuellen Reaktionen: die Neigung zur sexuellen Inhibition. Sie definiert, wie sensitiv Menschen auf Reize reagieren, die sexuelle Erregung potenziell reduzieren können, wie z.B. Unstimmigkeiten in der zwischenmenschlichen Beziehung, fehlendes Vertrauen oder Ängste und Sorgen bezüglich der eigenen sexuelle „Leistung“ (Graham et al., 2006; Janssen et al., 2002a). Dem DKM zufolge basiert die Regulation sexuellen Verlangens und sexueller Erregung auf dem interaktiven Zusammenspiel von Exzitations- und Inhibitionsprozessen. Stabile Unterschiede in diesen sexuellen Reaktionen sind demzufolge auf stabile, interindividuelle Unterschiede in beiden Dimensionen zurückzuführen. Die Annahme, dass es sich bei der Exzitation und Inhibition um eigenständige Prozesse und nicht die Extrempunkte einer einzelnen Dimension handelt, konnte in mehreren Untersuchungen bestätigt werden (Clifton et al., 2015; Janssen et al., 2002a; Quinta Gomes et al., 2018) und verdeutlicht die Komplexität sexueller Verarbeitungsprozesse. Belege für den Trait-Charakter der beiden Dimensionen ergeben sich aus längsschnittlichen Untersuchungen, die diesen eine substantielle zeitliche Stabilität attestierten (Velten et al., 2017; Velten et al., 2019).

Ausgehend von den theoretischen Überlegungen des DKM konnten in zahlreichen Studien Zusammenhänge zwischen Exzitations- bzw. Inhibitionstendenzen und genitalen, subjektiven und kognitiven Korrelaten der erotischen Stimulusverarbeitung aufgezeigt werden (Janssen & Bancroft, 2023). Die Befundlage ist jedoch insgesamt heterogen. Den theoretischen Annahmen des DKM folgend zeigten sich in einigen Studien, die subjektive und genitale sexuelle Erregung im Rahmen eines erotischen Filmparadigmas untersuchten, positive Zusammenhänge dieser Variablen mit der Exzitation und negative mit der Inhibition. In anderen Studien konnten diese Zusammenhänge wiederum nicht nachgewiesen werden (Clifton et al., 2015; Granados, Carvalho & Sierra, 2020; Hodgson et al., 2016; Janssen et al., 2002b). Prause und Kollegen (2008) berichteten von Zusammenhängen zwischen der sexuellen Exzitation und der Aufmerksamkeitsallokation hin zu erotischen Stimuli, diese konnten in einer Studie von Carvalho et al. (2018)

jedoch nicht bestätigt werden. Die Heterogenität dieser Befunde kann vor dem Hintergrund unterschiedlicher Messinstrumente für die DKM-Variablen, unterschiedlicher Paradigmen und unterschiedlicher Stichprobencharakteristika (nur männlich, nur weiblich, gemischtgeschlechtlich) verstanden werden (Janssen & Bancroft, 2023), hat aber möglicherweise auch andere Hintergründe (Kapitel 3.4).

Hinweise auf einen Zusammenhang der DKM-Variablen mit motivationalen Prozessen ergaben sich in einer Untersuchung mittels eines impliziten Approach-Avoidance-Task. Höhere Exzitationswerte gingen dort mit einer stärkeren, höhere Inhibitionswerte mit einer niedrigeren Annäherungsmotivation für erotische Stimuli einher (Turner et al., 2019). Auf neuraler Ebene zeigten sich für die Exzitationsdimension dementsprechend Zusammenhänge mit der Aktivität in Hirnarealen, die an erotischer und belohnungsrelevanter Stimulusverarbeitung beteiligt sind, wie z.B. dem ventralen tegmentalen Areal und dem Striatum (Gregory et al., 2015; Unterhorst et al., 2018). Sexuelle Inhibition wurde dagegen vor allem mit frühen, automatischen Aufmerksamkeitsprozessen in Verbindung gebracht. Aguiar et al. (2023) berichteten diesbezüglich höhere N200-Amplituden und kürzere Latenzen in Reaktion auf erotische und romantische Reize in Assoziation mit höheren Inhibitionstendenzen. Da die N200-Komponente als Indikator kognitiver Kontrollprozesse verstanden wird (Folstein & van Petten, 2008), können die Ergebnisse dahingehend gedeutet werden, dass Personen mit ausgeprägter Inhibitionstendenz erotische Reize als mögliche Stressoren interpretieren und daher mehr kognitive Ressourcen für ihre frühe Identifikation aufwenden (Aguiar et al., 2023). Analog dazu zeigten sich auch in einer fMRT-Studie Zusammenhänge zwischen der sexuellen Inhibition und der Aktivität in präfrontalen Arealen, die mit kognitiver Kontrolle und strategisch-planendem Verhalten assoziiert sind (Unterhorst et al., 2018).

Diese Befunde sind vor dem Hintergrund von Befunden in klinischen Stichproben besonders bedeutsam. Bianchi-Demicheli et al. (2011) berichteten auf Basis einer fMRT-Studie beispielsweise, dass Frauen mit verminderter sexueller Appetenz eine reduzierte Hirnaktivität in Arealen, die an der erotischen Stimulusverarbeitung beteiligt sind, aufwiesen, wobei gleichzeitig die Aktivität in Arealen, die mit höheren sozialen und kognitiven Funktionen in Verbindung gebracht werden, verstärkt war (siehe auch Cacioppo, 2017). Dieses Muster stimmt überein mit den theoretischen Überlegungen des DKM, das davon ausgeht, dass insbesondere niedrige Exzitations- und hohe Inhibitionswerte das Risiko für sexuelle Dysfunktionen, wie die sexuelle Appetenzstörung, erhöhen (Janssen & Bancroft, 2007; Velten, 2017). Im Gegensatz dazu werden hohe Exzitations- und niedrige Inhibitionstendenzen mit Hypersexualität und zwanghaftem Sexualverhalten in Verbindung gebracht (Rettenberger et al., 2016) – Störungsbilder, für die eine verstärkte neurale Aktivität in belohnungsassoziierten Hirnarealen (z.B. Striatum) und eine reduzierte Aktivität in Arealen der kognitiven Kontrolle beobachtet wurde (Seok & Sohn, 2018; Stark et al., 2018).

Angesichts dieser Befunde sind weitere Untersuchungen zu neuronalen Korrelaten der erotischen Stimulusverarbeitung im Zusammenhang mit sexueller Exzitation und Inhibition für die Behandlung und Prävention von sexuellen Funktionsstörungen/Hypersexualität äußerst relevant. Darüber hinaus sind die DKM-Variablen auch mit grundsätzlichen Aspekten des Sexualverhaltens (z.B. Anzahl der Sexualpartner, Safer-Sex-Praktiken), der Bereitschaft, sich auf riskante sexuelle Situationen einzulassen, und der sexuellen Zufriedenheit assoziiert (Granados, Moyano & Sierra, 2020; Granados et al., 2017; Lykins et al., 2012; Velten, Scholten, Graham & Margraf, 2016b). All diese Aspekte sind für ein umfassendes Verständnis von sexueller Gesundheit relevant. Im Sinne der WHO-Definition gilt es nämlich, neben der Behandlung sexueller Funktionsstörungen auch Interventionen zu entwickeln, die das mentale Wohlbefinden in Bezug auf Sexualität fördern oder das Risiko für sexuell übertragbare Erkrankungen reduzieren.

3 Arbeiten im Rahmen des Dissertationsprojektes

3.1 Übergeordnete Fragestellung

Die in Kapitel 2.2 und 2.3 beschriebenen endokrinen und dispositionellen Faktoren wurden in bisherigen Studien mit Facetten der sexuellen Gesundheit (insb. sexuelle Funktion) in Verbindung

gebracht. Über mögliche Mechanismen, die diese Zusammenhänge vermitteln, ist bislang dagegen wenig bekannt. Die in Kapitel 2.1 beschriebenen Modelle betonen, dass eine differenzierte Betrachtung kognitiver Verarbeitungsprozesse für ein umfassendes Verständnis von sexuellem Verlangen, Sexualverhalten und sexuellen Funktionsstörungen wesentlich ist (Ågmo & Laan, 2023; Toates, 2009; Wiegel et al., 2007). Daher galt es im Rahmen des Dissertationsprojekts zu klären, inwiefern die OHK-Einnahme (Kapitel 2.2) und die individuellen Ausprägungskombinationen von sexueller Exzitation und Inhibition (Kapitel 2.3) mit Unterschieden in der neuronalen Verarbeitung erotischer Stimuli assoziiert sind. Erkenntnisse dieser Untersuchungen könnten langfristig helfen, Interventionen zur Förderung und Wiederherstellung der sexuellen Gesundheit zu entwickeln. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die im Rahmen des Dissertationsprojekts untersuchten Fragestellungen.

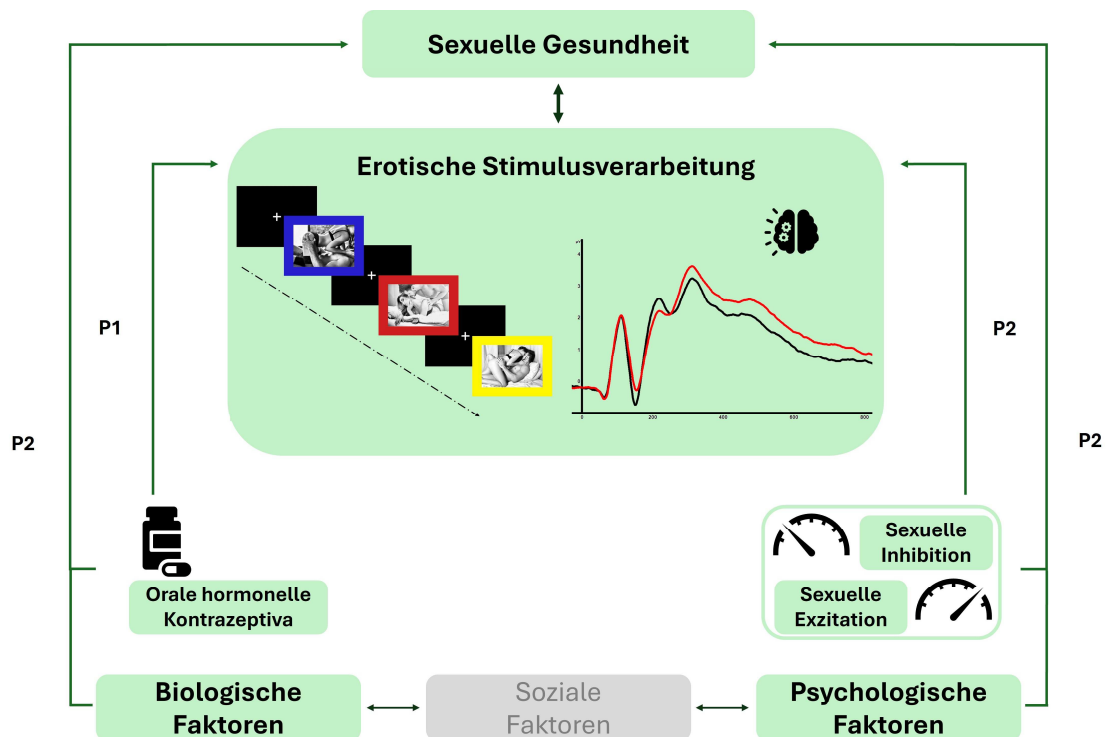


Abbildung 2. Überblick über die Fragestellungen des Dissertationsprojekts. P1/P2 = Publikation 1/2.

3.2 Beschreibung des Dissertationsprojekts

Die vorliegende Dissertation wurde angefertigt im Rahmen des Projekts „Neurobiologische Grundlagen der Ansprechbarkeit auf emotionale Stimuli bei Frauen in Abhängigkeit des Menstruationszyklus“ von PD Dr. rer. nat. Aisha Judith Leila Munk, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG; Link: <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/426549988>; Projekt-nummer: 426549988; Geschäftszeichen: MU 4385/2-1; Laufzeit: 2019-2023) gefördert wurde. Im Folgenden soll auf grundsätzliche Aspekte von Design und Methodik der Studie eingegangen werden, bevor daran anschließend Fragestellung, Hypothesen und Ergebnisse der beiden Publikationen, die sich auf leicht unterschiedliche Teilkollektive des Projekts beziehen, erläutert werden. Für das Projekt wurden sowohl Frauen mit regelmäßigem, natürlichem Zyklus (Dauer: 26-30 Tage) als auch OHK-Verwenderinnen rekrutiert. Voraussetzungen für die Teilnahme waren ein Alter zwischen 18-35 Jahren, physische und psychische Gesundheit, Nulliparität, Heterosexualität, Rechtshändigkeit, ein Body-Mass-Index (BMI) $\geq 18 < 26 \text{ kg/m}^2$, intaktes Farbsehen und der Verzicht auf Medikamenten- oder Drogeneinnahme. OHK-Verwenderinnen mussten diese seit mind. sechs Monaten einnehmen, ebenso lange durften freizyklierende Frauen keine hormonellen Kontrazeptiva mehr verwendet haben. Im Rahmen eines Messwiederholungsdesigns nahmen alle Frauen an jeweils drei Untersuchungsterminen teil. Für die freizyklierenden Frauen wurden diese Termine entsprechend der drei Zyklusphasen (Follikelphase, Ovulation, Lutealphase) terminiert. Da die Bestimmung der Zyklusphasen mittels Kalendermethode große Ungenauigkeiten

aufweist (Johnson et al., 2018; Wideman et al., 2013), wurde zur Phasenbestimmung ein mehrschrittiges Verfahren angewandt, das mit aktuellen Empfehlungen übereinstimmt (Schaumberg et al., 2017; Schmalenberger et al., 2021). Die Probandinnen machten Angaben zu Zyklusbeginn und durchschnittlicher Zykluslänge, die Terminierung der Ovulation erfolgte mittels Ovulationstests für den Heimgebrauch (LH-Tests) und zu jedem Messzeitpunkt wurden Speichelproben zur Bestimmung der Sexualsteroidkonzentration erhoben. Die OHK-Verwenderinnen wurden in äquivalentem zeitlichem Abstand einbestellt. Zwei Termine fanden dementsprechend innerhalb der 21-tägigen aktiven Einnahmephase der Pille statt (Tag sieben bis neun und Tag 14-16 des Pillenblisters) und einer innerhalb der siebentägigen „Pillenpause“. Das Messwiederholungsdesign erlaubte, dass jede Frau als ihre eigene Kontrolle fungierte. Um Reihenfolgeeffekte auszuschließen, wurde die jeweilige Startphase randomisiert zugeteilt. Der Einfluss circadianer Hormonschwankungen wurde kontrolliert, indem die Frauen jeweils zur gleichen Tageszeit einbestellt wurden.

Zur Erfassung der emotionalen Verarbeitung wurde ein sogenanntes Emotional Picture Stroop Paradigma (EPSP) eingesetzt. Das Paradigma bestand aus emotionalen Bildern, die mit einem nicht emotionalen, aber task-relevanten Merkmal versehen waren. In der aktuellen Untersuchung war dies ein farbiger Rahmen, der das grauskalierte Bild umfasste und dessen Farbe (rot, grün, blau, gelb) die Probandinnen mittels Knopfdrucks auf einer Tastatur identifizieren sollten. Der Farberkennungstask ermöglichte, unbewusste Verarbeitungsprozesse zu untersuchen, indem die bewusste, evaluative Verarbeitung des Bildmaterials reduziert wurde. Gegenüber einem passiven Bildbetrachtungs-Task bot dieses Paradigma außerdem den Vorteil, dass eine kontinuierliche Aufmerksamkeitsallokation der Versuchspersonen auf die präsentierten Bilder sichergestellt werden konnte. Dies war insbesondere aufgrund der wiederholten Bildpräsentation im Rahmen des Messwiederholungsdesigns und den in der Literatur beschriebenen Unterschieden in der Tendenz zum Abschweifen und „Tagträumen“ zwischen freizyklierenden und OHK-verwendenden Frauen (Raymond et al., 2019) von Bedeutung. Während des EPSPs wurde ein 64-Kanal EEG abgeleitet, aus dem im Anschluss EKPs extrahiert wurden. Die Eignung von EPSPs für die Untersuchung emotionaler Verarbeitungsprozesse mittels Analyse von EKPs konnte in vorherigen Studien wiederholt gezeigt werden (z.B. Bertsch et al., 2009; Franken et al., 2009; Munk, Dickhaeuser et al., 2020; Munk, Schmidt & Hennig, 2020). Im Rahmen des EPSP wurde erotisches, positives und neutrales Stimulusmaterial präsentiert. Alle Bilder entstammten der Datenbank von www.shutterstock.de. Erotische Bilder umfassten Bilder von männlichen und weiblichen Einzelpersonen in Unterwäsche sowie mit Unterwäsche bekleidete Paare in erotischen Posen. Neutrale Bilder umfassten Einzelpersonen und Paare in neutralen Positionierungen und mit neutralen Gesichtsausdrücken sowie Bäume als nicht-soziale neutrale Stimuluskategorie. Positive Stimuli bildeten lächelnde männliche und weibliche Einzelpersonen ab. Die Bildauswahl erfolgte im Rahmen einer vorab durchgeführten Online-Studie mit $n = 134$ Frauen, die einen vorselektierten Bildpool hinsichtlich Valenz und Arousal bewerteten. Auf Grundlage dieser Ratings wurden die Bilder für die Hauptstudie ausgewählt. Erotische Bilder sollten hohe Valenz- und Arousalwerte erzielen, positive Bilder hohe Valenz und mittlere Arousalwerte und neutrale Bilder mittlere Valenz und niedrige Arousalwerte. Für jede der sieben Bildkategorien wurden acht Bilder ausgewählt, die während des EPSP zweimal in jeder der vier Farben präsentiert wurden. Somit ergaben sich 64 Trials pro Kategorie und 448 Trials insgesamt, die randomisiert auf vier experimentelle Blöcke aufgeteilt wurden. Das EPSP dauerte insgesamt ca. 20 Minuten. Neben dem EPSP wurden auch verschiedene Trait- und State-Fragebögen eingesetzt, auf die an entsprechender Stelle eingegangen wird.

3.3 Assoziationen von oraler hormoneller Kontrazeption mit der neuralen und subjektiven Ansprechbarkeit auf positives und erotisches Stimulusmaterial (Schmidt et al., 2022)

Die erste Publikation widmete sich möglichen Zusammenhängen zwischen der OHK-Einnahme und einer veränderten Verarbeitung von emotionalen Stimuli im Vergleich zu freizyklierenden Frauen. Zusätzlich zu erotischen Stimuli wurden im Rahmen dieser Publikation auch positive Stimuli berücksichtigt. Dies ermöglichte eine differenziertere Betrachtung des Zusammenhangs zwischen OHK und emotionaler Stimulusverarbeitung und die Beantwortung der Frage, ob

möglicherweise auftretende Veränderungen der neuralen Verarbeitung auf erotische und daher motivational hoch-saliente Stimuli beschränkt wären, oder ob sich solche Effekte auch bei Stimuli zeigen würden, die zwar ebenfalls eine positive Valenz aufweisen, aber mit einer geringeren Annäherungsmotivation verbunden sind (Quan et al., 2020). In Anbetracht geschilderter Veränderungen des sexuellen Verlangens (s.o.) und des mentalen Wohlbefindens (z.B. Zethraeus et al., 2017) wurde erwartet, dass OHK-Verwenderinnen eine geringere subjektive und neurale Ansprechbarkeit, gemessen mittels EKPs, auf emotionale (erotische, positive) im Vergleich zu neutralen Stimuli zeigen würden. Dementsprechend wurde hypothetisiert, dass sie erotische und positive Stimuli als weniger angenehm (Valenz) und weniger aufregend (Arousal) bewerten würden. Zur Analyse der neuralen Verarbeitung wurden zwei EKPs herangezogen. Neben dem bereits beschriebenen LPP wurde, aufgrund bislang fehlender Untersuchungen zu frühen EKPs im Zusammenhang mit der OHK-Einnahme, zusätzlich die sogenannte frühe posteriore Negativierung (early posterior negativity, EPN) untersucht. Die EPN ist definiert als relative temporokzipitale Negativierung ca. 150-300 ms nach Stimuluspräsentation und kann als Indikator einer frühen, selektiven Aufmerksamkeitsallokation verstanden werden (Schupp et al., 2003, 2004). Die EPN scheint besonders sensitiv gegenüber emotionalen, insbesondere erotischen, Stimuli zu sein (Farkas et al., 2020; Frank & Sabatinelli, 2019) und beobachtete Geschlechterunterschiede (Weinberg & Hajcak, 2010) lassen eine Modulation durch Sexualsteroiden vermuten. Sowohl für die EPN als auch für das LPP wurde ein geringerer Amplitudenunterschied zwischen emotionalen (erotischen, positiven) und neutralen Stimuli in der OHK-Gruppe erwartet. Außerdem wurde untersucht, ob verschiedene Einnahmephasen (aktive vs. inaktive Phase des Einnahmeschemas) mit Unterschieden in der emotionalen Ansprechbarkeit einhergehen. Diese Fragestellung ergab sich aus einem verstärkten Bericht psychischer und physischer Symptome in der sogenannten „Pillpause“ (Kelly et al., 2010; Lundin et al., 2017; Sulak, 2000) und ersten Ergebnissen zu phasenbedingten Unterschieden in neuraler Aktivität und Konnektivität sowie der emotionaler Stimulusverarbeitung (Herrera et al., 2020; Nasserri et al., 2020; Radke & Derntl, 2016).

Im Rahmen der Publikation wurden die Daten von $n = 62$ Probandinnen analysiert, von denen $n = 33$ ein kombiniertes (Ethinylestradiol + Gestagen) OHK-Präparat einnahmen und $n = 29$ einen natürlichen, regelmäßigen Zyklus aufwiesen. Die Frauen durchliefen an allen drei Terminen das oben beschriebene EPSP. Die subjektive Bewertung des präsentierten Stimulusmaterials wurde einmalig zum Abschluss des dritten Termins erhoben, um einen möglichen Einfluss der evaluativen Verarbeitung auf neurale Reaktionen auszuschließen. Die Probandinnen gaben unter Verwendung von Self-Assessment-Manikins (Bradley & Lang, 1994) an, wie angenehm (Valenz) und aufregend (Arousal) sie die präsentierten Bilder empfanden. Aufgrund des umfangreichen Bildmaterials wurden jeweils alle acht Bilder mit gleichem Motiv (erotische Paare, neutrale Paare, etc.) simultan bewertet. Die Reihenfolge der Kategorien wurde randomisiert, um Sequenzeffekte zu vermeiden.

Die Analyse der Sexualsteroidkonzentrationen (Östradiol, Progesteron) auf Basis erhobener Speichelproben bestätigte die korrekte Erfassung der Zyklusphasen bei freizyklierenden Frauen mit den höchsten Östradiolkonzentrationen während der Ovulation und den höchsten Progesteronkonzentrationen in der Lutealphase. Wie erwartet traten in der OHK-Gruppe keine signifikanten Phasenunterschiede auf, wobei die Konzentration von Östradiol, in Übereinstimmung mit der beschriebenen residualen ovariellen Aktivität in der Pillpause (Rodriguez et al., 2024; van Heusden & Fauser, 1999), deskriptiv leicht anstieg. Wie ebenfalls vielfach erläutert (z.B. Rapkin et al., 2006), wiesen OHK-Verwenderinnen niedrigere Konzentrationen von körpereigenem Östradiol und Progesteron im Vergleich zu freizyklierenden Frauen auf. In Bezug auf die subjektiven Stimulusevaluationen wurden erotische Stimuli signifikant aufregender eingeschätzt als positive und neutrale Stimuli. Positive Stimuli wurden außerdem aufregender und angenehmer bewertet als neutrale Stimuli, und angenehmer im Vergleich zu erotischen Stimuli eingeschätzt. Zwischen freizyklierenden und OHK-verwendenden Frauen ergab sich keine signifikanten Unterschiede, deskriptiv zeigte sich jedoch eine tendenziell niedrigere Arousal-Bewertung der erotischen Stimuli in der OHK-Gruppe ($p = .062$). Hinsichtlich der frühen (EPN) und späten (LPP) EKPs ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede, d.h. freizyklierende

und OHK-verwendende Frauen unterschieden sich nicht in der neuralen Ansprechbarkeit auf erotische, positive oder neutrale Stimuli. Gruppenunabhängig zeigten sich erwartungskonforme Unterschiede zwischen den Stimuluskategorien. Erotische Stimuli waren mit einer stärkeren relativen Negativierung (d.h. geringeren Amplituden) in der EPN und höheren Amplituden im LPP im Vergleich zu positiven und neutralen Stimuli assoziiert. Positive und neutrale Stimuli unterschieden sich jedoch nicht signifikant. Zyklusphasenbedingte Unterschiede in der Gruppe der freizyklierenden Frauen zeigten sich weder für die EPN noch für das LPP. In Anlehnung an die OSH war eine höhere Ansprechbarkeit auf erotische vs. neutrale Reize zum Zeitpunkt der Ovulation erwartet worden². In der OHK-Gruppe ergab sich für das LPP allerdings eine signifikante Interaktion von Messzeitpunkt und Stimuluskategorie: die Amplitudendifferenz zwischen erotischen und neutralen Stimuli war nach mind. 14-tägiger OHK-Einnahme stärker ausgeprägt als in der Pillenpause und nach sieben- bis neuntägiger Einnahme.

Die Befunde fügen sich ein in einen insgesamt heterogenen Forschungsstand zu möglichen Unterschieden zwischen freizyklierenden und OHK-verwendenden Frauen hinsichtlich der psychophysischen und subjektiven Ansprechbarkeit auf erotische und positive Stimuli (z.B. Abler et al., 2013; Armbruster et al., 2017; Handy et al., 2023). Unterschiede waren insbesondere aufgrund der beschriebenen negativen Zusammenhängen zwischen OHK und sexuellem Verlangen sowie mentalem Wohlbefinden und positiver Affektivität erwartet worden (z.B. Huang et al., 2020; Jarva & Oinonen, 2007; Zethraeus et al., 2016, 2017). Vor dem Hintergrund aktueller Forschungsbefunde lassen sich verschiedene Punkte anführen, welche die nicht-signifikanten Ergebnisse und die insgesamt heterogene Forschungslage zu OHK-assoziierten Veränderungen erklären könnten. Zum einen scheinen OHK-assoziierte Beschwerden in den ersten sechs bis 12 Monaten der Einnahme besonders ausgeprägt zu sein (Huang et al., 2020; Martin-Loeches et al., 2003). Dementsprechend beendet auch ein substantieller Anteil (43 %) derjenigen, die mit der Einnahme von OHK beginnen, diese innerhalb der ersten 12 Monate wieder (Ali et al., 2012). Im Rahmen von RCTs werden insbesondere diese sehr kurzen Zeiträume von typischerweise ein bis drei Monaten nach OHK-Initiierung untersucht (z.B. Gingnell et al., 2013; Lundin et al., 2018; Zethraeus et al., 2016, 2017), sodass langfristige Entwicklungen nicht abgebildet und Unterschiede möglicherweise überschätzt werden. Im Gegensatz dazu lag die durchschnittliche Dauer der OHK-Einnahme im hier analysierten Sample bei 4,8 Jahren. Dementsprechend kann argumentiert werden, dass im Laufe der Zeit physiologische Anpassungen an die veränderte Konzentration von Sexual- und Neurosteroiden stattfinden und Nebenwirkungen dementsprechend nachlassen könnten (Hill & Mengelkoch, 2023). Sollten Nebenwirkungen persistieren, ist es außerdem wahrscheinlich, dass die OHK-Einnahme schließlich beendet wird. Die Tatsache, dass in querschnittlichen Untersuchungen typischerweise mehr Frauen untersucht werden, die keine starken Nebenwirkungen bemerken, wird als Selbstselektions-Bias oder Survivor-Effekt bezeichnet und erschwert die Untersuchung langfristiger OHK-Effekte (Brønneck et al., 2020; Hill & Mengelkoch, 2023). Gleichermaßen können aber auch bei Frauen, die die OHK-Einnahme aus unterschiedlichsten Gründen wieder beenden, anhaltende Veränderungen der Hirnmorphologie und -aktivität sowie der psychischen Gesundheit nicht ausgeschlossen werden (Brouillard et al., 2022; Noachtar et al., 2022; Pletzer et al., 2019). Auch in der vorliegenden Stichprobe gaben 73 % der freizyklierenden Frauen an, zu irgendeinem Zeitpunkt in der Vergangenheit OHK eingenommen zu haben. Aufgrund des jungen Durchschnittsalters der Frauen in der Stichprobe ($M = 23.24$, $SD = 2.83$) lässt sich - unter Berücksichtigung des durchschnittlichen OHK-freien Intervalls von 4 Jahren - vermuten, dass die OHK-Einnahme zumindest teilweise in der Pubertät stattfand. In dieser sensiblen Phase könnten OHK-assoziierte Veränderungen der Hirnmorphologie und -aktivität besonders langfristige Effekte haben (Anderl et al., 2020; Anderl et al., 2022; Sharma, Fang et al., 2020; Sharma, Smith et al., 2020), wodurch sich beobachtbare Unterschiede zwischen aktuellen und früheren OHK-Verwenderinnen möglicherweise reduzieren. Explorative Ergebnisse, die im Rahmen der vorliegenden Publikation durchgeführt wurden, weisen außerdem

² Daten zu zyklusbedingten Unterschieden in der emotionalen Ansprechbarkeit auf erotische vs. neutrale Stimuli bei freizyklierenden Frauen wurden vorgestellt auf der Tagung „Psychologie und Gehirn 2023“: *Neural correlates of erotic stimulus processing in naturally cycling women*

auf die Wichtigkeit der Differenzierung zwischen verschiedenen Gestagenen, die in OHK eingesetzt werden, hin. Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Verwenderinnen androgener vs. anti-androgener Gestagene. Letztere bewerteten erotische Stimuli als signifikant weniger aufregend im Vergleich zu freizyklierenden Frauen und solchen, die androgene Gestagene verwendeten. Verglichen mit Verwenderinnen androgener Gestagene bewerteten sie außerdem alle Stimuluskategorien als weniger angenehm. Hinsichtlich der neuralen Ansprechbarkeit konnte ein nicht-signifikanter Trend ($p = .052$) für die LPP-Amplituden ermittelt werden. Diese waren unabhängig von der Stimuluskategorie bei Verwenderinnen anti-androgener Gestagene niedriger ausgeprägt als bei Verwenderinnen androgener Gestagene oder freizyklierenden Frauen. Diese Ergebnisse sollte vor dem Hintergrund der ungleichen Gruppengröße (23 Frauen verwendeten androgene Gestagene, 10 anti-androgene) mit Vorsicht interpretiert werden. Sie sind aus zwei Gründen aber dennoch besonders relevant. Zum einem decken sie sich mit anderen rezenten Publikationen, die in dieselbe Richtung deuten: sozio-emotionale und physiologische Effekte der OHK-Einnahme scheinen bei Verwendung anti-androgener Gestagene ausgeprägter zu sein als bei Verwendung androgener Gestagene (z.B. Gurvich et al., 2020; Handy et al., 2023; Monciunskaitė et al., 2019; Pletzer et al., 2015; Pletzer, Noachtar & Hidalgo-Lopez, 2023). Zum anderen liefern sie einen möglichen Ansatzpunkt zur Aufklärung der Heterogenität bisheriger Befunde. Studien zum Einfluss von OHK auf neuronale und psychologische Prozesse werden entweder als RCTs, die nur ein einzelnes Präparat (i.d.R. mit androgener Partialwirkung) betrachten (Gingnell et al., 2013; Zethraeus et al., 2016, 2017), oder als querschnittliche Untersuchungen, die meist keine Differenzierung vornehmen (z.B. Abler et al., 2013; Armbruster et al., 2017; Petersen et al., 2015), durchgeführt. Dieser Punkt ist vor dem Hintergrund veränderter Verordnungsprävalenzen der Präparate besonders relevant. Unter anderem aufgrund des erhöhten Thromboserisikos, das mit einigen neueren, anti-androgenen Gestagenen (z.B. Drospirenon) einhergeht, wurden diese in den letzten Jahren seltener verschrieben. Androgene Gestagene wie Levonorgestrel, das ein günstigeres Risikoprofil aufweist, wurde demgegenüber wieder häufiger verschrieben (Eymers & Römer, 2023). Somit hängt die Stichprobenszusammensetzung in querschnittlichen Untersuchungen vermutlich stark vom Zeitpunkt der Durchführung ab. Auch zwischen verschiedenen Ländern bestehen deutliche Unterschiede in den Verordnungsprävalenzen (Glaeske & Thürmann, 2015; Monciunskaitė et al., 2019; Zethraeus et al., 2016). Die genaue Verteilung der in der Stichprobe verwendeten Präparate wird aber nicht immer aufgeschlüsselt, sodass ein Vergleich verschiedener Publikationen schwerfällt. Auch die Ursache der beobachteten Unterschiede zwischen androgenen und anti-androgenen Gestagenen ist bislang unklar. Sowohl unterschiedliche zentralnervöse Wirkungen der verschiedenen Gestagene als auch vorbestehende Unterschiede zwischen Frauen, denen eher androgene bzw. anti-androgene Präparate verschrieben werden, könnten eine Rolle spielen (Mitchell & Welling, 2020; Pletzer, Winkler-Crepaz & Hillerer, 2023; Römer, 2021).

Der geschilderte Befund einer unterschiedlichen neuralen Ansprechbarkeit auf erotische verglichen mit neutralen Stimuli in den verschiedenen Phasen der Pilleneinnahme (aktiv vs. inaktiv) reiht sich ein in eine zunehmende Zahl neuerer Publikationen, die mögliche Phasenunterschiede berücksichtigen (Nasseri et al., 2020; Noachtar et al., 2023; Radke & Derntl, 2016). Dabei scheint die aktive Einnahmephase mit einer stärkeren Konnektivität zwischen Hirnregionen, die an der Emotionsregulation beteiligt sind (ventromedialer Präfrontalkortex und Amygdala), sowie einer höheren Kompetenz bei der Auswahl situationsspezifischer emotionaler Reaktionen assoziiert zu sein (Nasseri et al., 2020; Radke & Derntl, 2016). In der Pillenpause treten dagegen körperliche Beschwerden und mentale Symptome verstärkt auf (Kelly et al., 2010; Noachtar et al., 2023; Sulak, 2000). Nach Einnahme der letzten Pille eines Blisters kommt es durch den Entzug der synthetischen Hormone zu einer vaginalen Blutung, die mit Unterleibsschmerzen und generellem Unwohlsein einhergehen kann (Sulak, 2000). Gleichzeitig nimmt die körpereigene ovarielle Aktivität innerhalb der siebentägigen Pause leicht zu (van Heusden & Fauser, 1999). Die daraus resultierenden hormonellen Schwankungen könnten zum einen den verstärkten Symptombereich und zum anderen die geringere Ansprechbarkeit auf erotische vs. neutrale Stimuli in der Pillenpause im Vergleich zur mind. 14-tägigen OHK-Einnahme erklären. Unterschiede innerhalb der aktiven Phase wurden bislang kaum untersucht, da allgemein von einer hohen Stabilität des

endokrinen Niveaus während der OHK-Einnahme ausgegangen wird. Neuere Untersuchungen demonstrieren jedoch, dass die Östradiolkonzentration im Verlauf der ersten Einnahmewoche sinkt, während die Ethinylestradiolkonzentration zunimmt (Rodriguez et al., 2024). Auch die Ovulation wird erst nach mind. siebentägiger Einnahme zuverlässig unterdrückt (Curtis et al., 2006). Folglich könnte der beobachtete Unterschied in der neuralen Ansprechbarkeit zwischen den beiden Messzeitpunkten innerhalb der aktiven Einnahmephase vor dem Hintergrund eines stabileren endokrinen Niveaus innerhalb der zweiten Einnahmewoche interpretiert werden. Im Anschluss an die Publikation durchgeführte explorative Analysen³ ergaben allerdings, dass die beschriebenen phasenassoziierten Unterschiede in der neuralen Ansprechbarkeit auf erotische vs. neutrale Stimuli nicht mit Veränderungen des selbstberichteten sexuellen Verlangens einhergehen, sodass die Relevanz des Befunds für die sexuelle Funktion unklar bleibt und weiterer Forschung bedarf. Die Messtermine sollten dabei stärker an Erkenntnisse neuerer Studien zu hormonellen Verläufen angepasst werden, indem insbesondere die Übergangsphasen zu Beginn und Ende eines Pillenblisters näher untersucht werden. Schon jetzt sind die dargestellten Ergebnisse aber für neurowissenschaftliche Untersuchungen relevant. So sollten nicht nur bei freizyklisierenden, sondern auch bei hormonell verhütenden Frauen, Daten zum Zyklus bzw. zum Pillenrhythmus erfasst und in Analysen berücksichtigt werden. Der Befund ist auch vor dem Hintergrund der zunehmenden Verbreitung des sogenannten Langzeitzyklus, bei dem die Pille über einen Zeitraum von drei bis sechs Monaten ohne Pause eingenommen wird, um mögliche Nebenwirkungen in der Pillenpause und die Häufigkeit der Entzugsblutung zu reduzieren (Fillenber, 2017), von Bedeutung. Neurowissenschaftliche Untersuchungen zu diesem Einnahmeschema fehlen bislang. In einigen Untersuchungen zeigte sich im Langzeitzyklus aber eine Verbesserung von schmerz- und stimmungsassoziierten Beschwerden sowie eine höhere Zufriedenheit mit dem OHK im Vergleich zum traditionellen Einnahmerhythmus (Coffee et al., 2007; Nappi et al., 2018), sodass weitere Forschung im Kontext der mentalen und sexuellen Gesundheit von Frauen äußerst relevant ist.

3.4 Das Zusammenspiel von sexueller Exzitation und Inhibition in Bezug auf die sexuelle Funktion und neurale Korrelate der erotischen Stimulusverarbeitung (Schmidt et al., 2024)

Da eine vollumfängliche Fokussierung auf endokrine Faktoren der Komplexität der (weiblichen) Sexualität nicht gerecht werden kann, sollte in der zweiten Publikation der Frage nachgegangen werden, inwieweit interindividuelle Unterschiede in sexueller Funktion und erotischer Stimulusverarbeitung durch dispositionelle psychosexuelle Merkmale erklärt werden können. Als theoretische Grundlage für die Untersuchung diente das DKM (Bancroft & Janssen, 2000; Janssen & Bancroft, 2007). Obgleich Bancroft und Janssen in der Konzeptualisierung des DKM ganz explizit beschreiben, dass die Regulation sexueller Reaktionen auf einem dynamischen Zusammenspiel von Exzitation und Inhibition beruht, ähnlich dem Zusammenspiel von Gas und Bremse bei der Steuerung eines Fahrzeugs, wurden beide Dimensionen in bisheriger Forschung fast ausschließlich unabhängig voneinander betrachtet (Janssen & Bancroft, 2023). Neben den in Kapitel 2.3 genannten Aspekten kann auch die fehlende Berücksichtigung dieser interaktiven Dynamiken zur Heterogenität bisheriger Befunde beigetragen haben. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, das dynamische Zusammenspiel von Exzitations- und Inhibitionsprozessen in Verbindung mit der selbstberichteten sexuellen Funktion und der neuralen Ansprechbarkeit auf erotisches Stimulusmaterial mittels Moderationsanalyse näher zu untersuchen. Vermutet wurde, dass beide Aspekte durch den Interaktionsterm von sexueller Inhibition und Exzitation vorhergesagt werden würden. Aufgrund der fehlenden bisherigen Forschung zu möglichen Interaktionseffekten bestanden vorab aber keine theoretisch fundierten Annahmen zur Richtung dieses Effekts. Für die Analyse der neuralen Ansprechbarkeit war hier das LPP von Interesse, da Vorbefunde sowohl Inhibitions- als auch Exzitationstendenzen mit motivationalen Prozessen in Verbindung gebracht haben, interaktive Effekte dabei aber nicht berücksichtigt wurden (Turner et al., 2019).

³ Daten vorgestellt auf der Tagung „Psychologie und Gehirn 2022“: *Sexual cue processing across the oral contraceptive regimen: Neural correlates and self-reported sexual desire*

Auch in dieser Untersuchung wurden OHK als möglicher Einflussfaktor berücksichtigt und in das Moderationsmodell mit aufgenommen, denn trotz umfangreicher Untersuchungen zum DKM wurden mögliche Effekte hormoneller Kontrazeption auf Exzitations- und Inhibitionsprozesse bisher nicht untersucht. Da sexuelle Exzitation und Inhibition jedoch für unterschiedliche sexuelle Probleme (z.B. Hypersexualität, sexuelle Dysfunktionen) als Risiko- bzw. Schutzfaktoren betrachtet werden können, ist es umso wichtiger, mögliche Einflussfaktoren auf diese Prozesse zu identifizieren, um sie ggf. gezielt modifizieren zu können. Für den unter OHK-Einnahme beschriebenen Libidoverlust (z.B. Huang et al., 2020) ist eine solche Untersuchung ebenso relevant, da die Analyse von Exzitations- und Inhibitionsprozessen Aufschluss über mögliche Bedingungsfaktoren solcher Veränderungen geben und somit helfen könnte, die Entwicklung spezifischer, zielgruppenorientierter Interventionen voranzutreiben. Nicht zuletzt sind mögliche OHK-assoziierte Unterschiede vor dem Hintergrund zuvor berichteter Geschlechtereffekte in Bezug auf die DKM-Variablen relevant. Typischerweise geben Männer stärkere Exzitations- und Frauen stärkere Inhibitionstendenzen an (Carpenter et al., 2008); auch bezüglich der Assoziationen zwischen beiden Variablen und der sexuellen Erregung wurden Unterschiede zwischen den Geschlechtern beobachtet (Hodgson et al., 2016). Diese Unterschiede könnten aber z.B. durch eine hohe Verbreitung der OHK-Einnahme in weiblichen Stichproben (vgl. Daniels et al., 2013) beeinflusst sein. In Anlehnung an die dargelegte Befundlage zum sexuellen Verlangen unter OHK-Einnahme (Kapitel 2.2) wurde vermutet, dass OHK-Verwenderinnen niedrigere Werte hinsichtlich der sexuellen Exzitation berichten würden. Für die sexuelle Inhibition bestanden, aufgrund fehlender Vorbefunde in diesem Bereich, keine spezifischen Hypothesen. Da aufgrund der erwarteten Unterschiede in der Exzitation auch das dynamische Zusammenspiel von Exzitation und Inhibition in Abhängigkeit der OHK-Einnahme variieren könnte, wurde ein Moderationsmodell gewählt, das diese mögliche Modifikation entsprechend abbilden konnte (Modell drei von Hayes, 2018).

Um die genannten Aspekte näher zu untersuchen, wurden die Daten von $n = 90$ gesunden, sexuell aktiven Frauen ausgewertet, von denen $n = 51$ OHK einnahmen und $n = 39$ einen natürlichen Zyklus aufwiesen. 88% dieser Frauen berichteten, in einer festen Beziehung zu sein und dieser Anteil unterschied sich nicht zwischen OHK-verwendenden und freizyklierenden Frauen. Die Frauen bearbeiteten das Sexual Excitation/Sexual Inhibition Inventory for Women (SESI-W) zur Bestimmung ihrer sexuellen Exzitations- und Inhibitionstendenzen (Graham et al., 2006; Velten, Scholten, Graham & Margraf, 2016a). Eine Selbsteinschätzung der sexuellen Funktion wurde mittels Female Sexual Function Index (FSFI) erhoben (Berner et al., 2004; Rosen et al., 2000). Der FSFI erfasst sechs Dimensionen der sexuellen Funktion: Verlangen, Erregung, Lubrikation, Orgasmus, Befriedigung und Schmerzen und liefert neben diesen Domänenfaktoren auch einen Gesamtwert, der in der vorliegenden Untersuchung relevant war. Außerdem durchliefen die Frauen das oben erläuterte EPSP. Anders als bei der ersten Publikation wurden für diese Untersuchung jedoch nur die Daten des ersten Erhebungstermins untersucht, um Habituationseffekte in Bezug auf das erotische Stimulusmaterial auszuschließen, die in Abhängigkeit von Exzitations- und Inhibitionstendenzen unterschiedlich stark ausfallen könnten (Hodgson et al., 2016; Prause et al., 2008). Vortestanalysen ergaben im Zwischensubjektvergleich keine Unterschiede in der neuralen Ansprechbarkeit zwischen den Phasen des Menstruationszyklus oder der OHK-Einnahme. Erwartungsgemäß zeigten sich höhere LPP-Amplituden für erotische im Vergleich zu neutralen Stimuli.

Bezüglich der neuralen Ansprechbarkeit auf erotische Reize zeigte sich in der Moderationsanalyse nach Hayes (2018) ein signifikanter Effekt der sexuellen Inhibition sowie ein signifikanter Interaktionseffekt von Inhibition und Exzitation. Eine höhere selbstberichtete Inhibition ging mit niedrigeren LPP-Amplituden in Reaktion auf erotische Stimuli einher. Dieser Effekt war jedoch abgeschwächt bei Frauen, die gleichzeitig eine hohe Exzitationstendenz berichteten. Die neurale Ansprechbarkeit auf neutrale Stimuli war nicht signifikant mit den DKM-Variablen assoziiert. Für die sexuelle Funktion ergab sich lediglich ein negativer Zusammenhang mit der selbstberichteten sexuellen Inhibitionstendenz.

OHK-Verwenderinnen gaben eine signifikant niedrigere sexuelle Exzitationsneigung an, wobei

auch eine gegenläufige, statistisch nicht-signifikante Tendenz für die sexuelle Inhibition beobachtet werden konnte ($p = .074$). Die Einnahme von OHK war jedoch weder mit der selbstberichteten sexuellen Funktion noch mit der neuralen Ansprechbarkeit auf erotische oder neutrale Stimuli assoziiert. Auch die Dynamik des Interaktionseffekts wurde durch die OHK-Einnahme nicht moduliert, wobei dieser Befund vor dem Hintergrund der ungleichen Gruppengröße zu betrachten ist. Größere Stichproben würden ermöglichen, differenziertere Aussagen zur möglichen Modifikation des Zusammenspiels von Exzitation und Inhibition durch OHK treffen zu können.

Die beobachtete Abschwächung des negativen Zusammenhangs zwischen sexueller Inhibition und LPP-Amplituden bei gleichzeitig hoch ausgeprägter Exzitation unterstützt die theoretischen Überlegungen des DKMs, das explizit von einem interaktiven Zusammenspiel beider Dimensionen ausgeht. Die Höhe der LPP-Amplituden kann als Indikator für die motivationale Salienz eines Stimulus und die mit ihm verbundene Annäherungsmotivation interpretiert werden (Ferrari et al., 2008; Gable & Harmon-Jones, 2013; Hajcak et al., 2012). Dementsprechend zeigen die Ergebnisse, dass Inhibitionsprozesse auf die motivationale Einordnung erotischer Hinweisreize Einfluss nehmen können (vgl. Stoléru & Mouras, 2007). Die Dynamik des Interaktionseffekts stimmt dabei überein mit einem tonischen Verständnis der Inhibition. Demnach muss die andauernde, tonische Inhibition, die das Entstehen sexueller Reaktionen verhindert, reduziert oder durch eine entsprechend stärkere Exzitation überwunden werden, damit sexuelles Arousal und Verhalten gezeigt werden können (Bancroft & Janssen, 2000). Individuen unterscheiden sich im Ausmaß dieser habituellen tonischen Inhibition, wobei die Wahrnehmung von Sicherheits- oder Bedrohungsreizen die Inhibition darüber hinaus abschwächen oder verstärken kann. Je nach individueller Ausprägungskombination von Inhibitions- und Exzitationsneigung sind daher unterschiedlich starke Hinweisreize erforderlich, um sexuelle Reaktionen auszulösen (Bancroft & Janssen, 2000).

Der beobachtete Interaktionseffekt ist auch deshalb relevant, weil sich bisherige Studien zur Stimulusverarbeitung vorwiegend auf die Exzitation konzentriert haben (Janssen & Bancroft, 2023). Analog zu vorherigen Befunden im Kontext der sexuellen Funktion zeigte sich hier aber, dass die Inhibition ebenfalls von entscheidender Bedeutung ist (vgl. auch Moura et al., 2020; Sanders et al., 2008). Bezüglich möglicher Mechanismen der reduzierten neuralen Ansprechbarkeit in Assoziation mit höheren Inhibitionstendenzen konnten Shafir et al. (2018) zeigen, dass die Anwendung von Emotionsregulationsstrategien wie Ablenkung und Neubewertung die Höhe der LPP-Amplituden in Reaktion auf erotische Reize reduzierte. Ferrey et al. (2012) demonstrierten in einem Go/No-Go Task zudem, dass die wiederholte Unterdrückung von behavioralen Annäherungstendenzen hin zu motivational salienten, erotischen Stimuli über die Zeit zu einer reduzierten Annäherungsmotivation gegenüber solchen Stimuli führte. Derartige Strategien könnten von Personen mit ausgeprägter Inhibitionstendenz habituell und stark automatisiert angewendet werden und dies könnte die niedrigeren LPP-Amplituden und das Auftreten sexueller Funktionsstörungen erklären. Wichtig zu betonen ist hierbei, dass die Trait-Dimensionen der Inhibition und Exzitation dem DKM zufolge unabhängige Tendenzen darstellen (Bancroft & Janssen, 2000). Es ist demnach nicht davon auszugehen, dass die Sensitivität des sexuellen Systems bei hoher Inhibition grundsätzlich reduziert ist. Inhibitorische Prozesse können aber auf die Aufmerksamkeitsallokation und das Annäherungsverhalten gegenüber solchen Stimuli Einfluss nehmen (Pfaus, 2007; Stoléru & Mouras, 2007). Es ist an dieser Stelle jedoch wichtig zu berücksichtigen, dass es sich beim DKM um ein State-Trait Modell handelt. Während beide Dimensionen auf Trait-Ebene in ihrer Ausprägung unabhängig voneinander sind, können sie sich auf State-Ebene durchaus gegenseitig beeinflussen (Janssen & Bancroft, 2007). Um zugrundeliegender neurale Prozesse der State- und Trait-Komponenten besser zu verstehen, wären Untersuchungen, die Inhibition und Exzitation situativ manipulieren, ein wichtiger nächster Schritt.

Implikationen aus der vorliegenden Untersuchung könnten sich vor allem für die Behandlung von sexuellen Funktionsstörungen ergeben. In einer vorherigen Studie wurde ein positiver Zusammenhang zwischen der Inhibitionstendenz und der frühen, automatischen

Aufmerksamkeitsallokation auf erotische und romantische Stimuli geschildert (Aguiar et al., 2023). In Kombination mit den vorliegenden Ergebnissen stellt sich daher die Frage, ob bei sexueller Inhibition und Dysfunktion möglicherweise von einem Hypervigilanz-Vermeidungs-Muster bei der Stimulusverarbeitung auszugehen ist, wie es z.B. bei Angststörungen dargelegt wurde (Bögels & Mansell, 2004; Kausche et al., 2022; Vassilopoulos, 2005). Der verstärkten frühen Identifikation von sexuellen Reizen, die als potenziell bedrohlich eingeschätzt werden, könnte demnach eine Unterdrückung etwaiger Annäherungstendenzen folgen. Beide Aspekte könnten therapeutisch adressiert werden. In einem ersten Schritt wäre dabei das Ziel, die mit der Inhibition verbundenen angst- und gefahrenbezogene Kognitionen bezüglich der sexuellen Interaktion abzubauen. Dazu könnte auf bestehende, z.B. verhaltenstherapeutische, Techniken und Manuale zurückgegriffen werden. Um die Aufmerksamkeitsallokation für sexuelle Reize zu steigern und die Reaktivität auf erregungsdämpfende Stimuli zu reduzieren, könnten auch Entspannungs- und Achtsamkeitsinterventionen eingesetzt werden (Frühauf et al., 2013; Milani et al., 2021; Silverstein et al., 2011; Velten, 2017). In einem zweiten Schritt sollte dann eine Stärkung exzitatorischer Tendenzen erfolgen. Aufbau und Stärkung positiver, belohnender Assoziationen mit sexuellen Stimuli und sexueller Aktivität können beispielsweise durch Sensualitätsübungen (Masters & Johnson, 1970), Kommunikations- und Fertigkeitstraining, das Formulieren von Annäherungs- statt Vermeidungszielen oder andere kognitive-behaviorale Interventionen realisiert werden (Leiblum & Wiegel, 2002; Muise et al., 2017; Velten, 2017). Die Wichtigkeit der Stärkung exzitatorischer Elemente ergibt sich zum einen aus den Befunden zur neuralen Ansprechbarkeit und zum anderen aus dem (explorativ untersuchten) positiven Zusammenhang zwischen der sexuellen Exzitation und dem sexuellen Verlangen, der sich mit vorhergehenden Untersuchungen deckt (Nolet et al., 2021; van Tuijl et al., 2022). Auch wenn der Gesamtwert der sexuellen Funktion lediglich mit der sexuellen Inhibition assoziiert war, ist demnach davon auszugehen, dass sich eine Stärkung exzitatorischer Tendenzen zumindest bei der sexuellen Appetenzstörung positiv auswirken kann. Die Kombination der verschiedenen therapeutischen Interventionen sollte in jedem Fall individuell angepasst werden, sodass schlussendlich ein balanciertes Zusammenspiel von Exzitation und Inhibition erreicht werden kann. Auch medikamentöse Interventionen sollten idealerweise eine Modifikation der exzitatorischen wie inhibitorischen Dimension anstreben. Beispielsweise konnten van Rooij et al. (2013) bei Frauen mit sexueller Appetenzstörung, die eine ausgeprägte Inhibitionstendenz aufwiesen, eine Verbesserung der sexuellen Funktion durch eine Kombinationstherapie aus Testosteron, zur Steigerung der sexuellen Motivation, und einem 5HT_{1A}-Rezeptor-Agonisten (Bupipron), zur Reduktion der Inhibitionsneigung, erreichen.

Ein weiterer Anknüpfungspunkt für therapeutische Interventionen ergibt sich aus einer eingehenden Beschäftigung mit den Daten. Während die neurale Ansprechbarkeit auf neutrale Stimuli (Paare und Einzelpersonen) nicht signifikant mit den DKM-Variablen assoziiert war (Moderationsmodell: $p = .116$), ergab eine visuelle Inspektion des Interaktionsplots ein ähnliches Muster der Interaktion von sexueller Inhibition und Exzitation wie das für die erotischen Stimuli. Analog dazu sind beide Dimensionen mit generellen Annäherungs- und Vermeidungstendenzen wie dem Verhaltensaktivierungssystem (BAS) und Verhaltenshemmungssystem (BIS) bzw. Extraversion und Neurotizismus assoziiert (Bártová et al., 2021; Rettenberger et al., 2016; Velten, Scholten, Graham & Margraf, 2016a). Auch andere Untersuchungen weisen darauf hin, dass grundsätzliche Veränderungen in der sozialen Wahrnehmung und eine verstärkte soziale Gehemmtheit für die sexuelle Funktion von Bedeutung sein könnten (Montesi et al., 2013). Diese Aspekte sollten folglich bei der Planung von Interventionen, die die sexuelle Gesundheit fördern sollen, mitgedacht werden.

4 Studienübergreifende Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse beider Untersuchungen liefern neue Erkenntnisse zu möglichen Einflussfaktoren auf die emotionale Stimulusverarbeitung und sexuelle Funktion bei Frauen. Hinsichtlich des Einflusses von OHK waren die Befunde uneindeutig. Weder die neurale Ansprechbarkeit noch die subjektive Bewertung erotischer wie auch positiver Stimuli oder die selbstberichtete sexuelle Funktion unterschieden sich zwischen Frauen, die OHK verwendeten und Frauen mit natürlichem

Zyklus. Die niedrigeren sexuellen Exzitationswerte deuten jedoch darauf hin, dass OHK-verwendende Frauen subjektiv eine geringere Sensitivität gegenüber erregungsinduzierenden Stimuli wahrnehmen. Dieser Befund fügt sich ein in einen insgesamt als heterogen einzustufenden Forschungsstand. Eine Reihe von Untersuchungen berichtete Veränderungen der neuralen oder genitalen sexuellen Responsivität und des selbstberichten sexuellen Verlangens unter OHK-Einnahme (z.B. Handy et al., 2023; Huang et al., 2020; Lundin et al., 2018; Zethraeus et al., 2016). Andere Studien wiederum konnten solche Effekte nicht bestätigen, oder lieferten selbst uneindeutige Befunde (Abler et al., 2013; Arslan et al., 2021; Pastor et al., 2013). Ein Vergleich verschiedener Publikationen wird jedoch durch die unterschiedlichen Stichprobenszusammensetzungen, Studiendesigns und Erhebungsverfahren erschwert (s.o.) In metaanalytischen und randomisiert-kontrollierten Studien zeigten sich insgesamt stärkere Einflüsse der OHK auf sexuelles Verlangen/Arousal verglichen mit anderen Aspekten der sexuellen Funktion (Huang et al., 2020; Lundin et al., 2018; Zethraeus et al., 2016). Analog dazu definieren Bancroft und Janssen die sexuelle Exzitation als Ausmaß der Sensitivität gegenüber Reizen, die sexuelles Verlangen und Arousal auslösen können (Bancroft & Janssen, 2000). Für die Interpretation der vorliegenden Ergebnisse sollte jedoch auch berücksichtigt werden, dass Erwartungseffekte bei Selbstberichten eine Rolle spielen können. Im Rahmen der zunehmenden kritischen medialen Betrachtung hormoneller Kontrazeptiva werden vor allem mögliche Nebenwirkungen wie der Libidoverlust verstärkt thematisiert (Gerhard, 2017; Kubitschek, 2005). Auch in Packungsbeilagen hormoneller Kontrazeptiva werden Veränderungen der Libido, nicht aber anderer Aspekte der sexuellen Funktion, als mögliche Nebenwirkung aufgeführt (vgl. beispielhaft mit dem Beipackzettel des in der Studienstichprobe am häufigsten verwendeten Präparats, Aristo Pharma GmbH, 2018). Diese Aspekte könnten bei OHK-verwendenden Frauen Selbstwahrnehmung und Selbstbericht beeinflussen, indem beispielsweise multifaktoriell bedingte Veränderungen der Libido ausschließlich auf die OHK-Einnahme attribuiert und entsprechend berichtet werden.

Vor dem Hintergrund des bisherigen Forschungsstands zu möglichen ungünstigen psychophysiologischen Effekten der OHK-Einnahme liegt aber auch die Vermutung nahe, dass nur ein Teil der OHK-Verwenderinnen von diesen Nebenwirkungen betroffen ist. Demgegenüber berichtet auch ein nicht unwesentlicher Anteil der Verwenderinnen von positiven Effekten der OHK-Einnahme auf das sexuelle Verlangen (Pastor et al., 2013). In querschnittlichen Untersuchungen kann diese Variabilität des OHK-Einflusses die Identifikation von Gruppenunterschieden erschweren, da keine Baseline-Messungen vorliegen. Im Rahmen der Verhütungsberatung wird es jedoch ein wichtiges Ziel zukünftiger Forschung sein, Faktoren zu identifizieren, die das Erleben von positiven oder negativen OHK-bezogenen Effekten vorhersagen können (Hill & Mengelkoch, 2023; Lundin et al., 2021). Neuere Publikationen deuten z.B. darauf hin, dass dem Erleben von negativen mentalen Effekten während hormoneller Transitionsphasen (prämenstruelles Syndrom, postpartale Depression, OHK-assoziierte Symptome) eine gemeinsame Vulnerabilität, im Sinne einer Steroidhormon-Sensitivität, zu Grunde liegen könnte (Larsen et al., 2023; Pope et al., 2017; Schweizer-Schubert et al., 2020). Diverse genetische Polymorphismen und epigenetische Mechanismen könnten eine solche erhöhte Vulnerabilität vermitteln (Schweizer-Schubert et al., 2020). Diskutiert werden z.B. serotonerge Genvarianten, aufgrund der Bedeutsamkeit des serotonergen Systems für Stimmung und Sexualfunktion sowie beschriebenen Interaktionen mit Sexualsteroiden (Bishop et al., 2009; Dhingra et al., 2007; Hu et al., 2019). Ein Zusammenhang mit dem Cytosin-Adenin-Guanin (CAG)-Repeat Androgenrezeptorlängenpolymorphismus wird – zumindest im Kontext von sexueller Funktion und OHK-Einnahme – ebenfalls diskutiert (Hill & Mengelkoch, 2023). Erste, bislang kleine Untersuchungen deuten darauf hin, dass bestimmte genetische Varianten mit einer höheren Sensitivität gegenüber der OHK-induzierten Testosteronreduktion einhergehen könnten (Elaut et al., 2012; Goldstein et al., 2014; siehe auch Wählin-Jacobsen et al., 2018). Pränatale Unterschiede in der Testosteronexposition könnten ebenso zu einer solchen Sensitivität beitragen (Oinonen, 2009). Eine erhöhte Sensitivität gegenüber Veränderungen der Sexualsteroidkonzentration kann sich aber auch aus lebensgeschichtlichen Erfahrungen ergeben (Hill & Mengelkoch, 2023). Hier zeigte sich in zwei aktuellen Studien, dass der Einfluss von OHK auf das sexuelle Verlangen im Erwachsenenalter davon abhing, ob Frauen

aversive Kindheitserfahrungen gemacht hatten. Eine veränderte Entwicklung des Belohnungssystems wurde von den Autoren als möglicher Pathomechanismus diskutiert (Novick et al., 2022; Novick et al., 2023).

Neben diesen biologischen Erklärungsansätzen weisen aktuelle Studien allerdings auch darauf hin, dass demografische Aspekte, wie Alter und Bildungsniveau, sowie Erwartungs- bzw. Noceboeffekte bezüglich potentieller Nebenwirkungen eine Rolle spielen (Lundin et al., 2021; Scheuringer et al., 2020; Wiebe et al., 2011). Auch vorbestehende mentale Probleme können einen Vulnerabilitätsfaktor darstellen (Bengtsson et al., 2018; Lundin et al., 2021). Bisherige Studien ergaben zwar keine Anhaltspunkte für Persönlichkeitsunterschiede zwischen OHK-Verwenderinnen und freizyklierenden Frauen (Beltz et al., 2019; Pletzer et al., 2022), jedoch zeigte sich, dass Frauen, die hormonell vs. mit Kondom verhüteten, ihre Partnerschaft verbindlicher und exklusiver wahrnahmen und von einem höheren Engagement in Bezug auf die Beziehung berichteten (Harvey et al., 2018). Derartige Partnerschaftsaspekte, die mit der Wahl des Verhütungsmittels zusammenhängen, könnten sich natürlicherweise auch auf die Sexualität auswirken und sollten in künftigen Studien als mögliche konfundierende Variable berücksichtigt werden. Mit der insgesamt abnehmenden Verbreitung der OHK-Anwendung (72 % der 18-29-jährigen im Jahr 2011 vs. 46 % im Jahr 2023; Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung [BZgA], 2023), ist außerdem davon auszugehen, dass sich Personen, die OHK verwenden bzw. nicht verwenden, zunehmend hinsichtlich anderer Variablen unterscheiden (z.B. Gesundheitsängste, Kontrollbedürfnis, gesundheitliche Beschwerden, etc.), die in Studien entsprechend berücksichtigt werden sollten. In der vorliegenden Stichprobe zeigte sich beispielsweise eine nicht-signifikante Tendenz höherer Inhibitionswerte in der Gruppe der OHK-Verwenderinnen ($p = .074$). Dies könnte möglicherweise damit zusammenhängen, dass Frauen, die ausgeprägtere Befürchtungen über mögliche negative Konsequenzen sexueller Aktivität (z.B. ungewollte Schwangerschaften) haben, eher auf sehr sichere und traditionellere Kontrazeptionsmethoden zurückgreifen.

Ebenso weist die Kongruenzhypothese bezüglich situativer Einflussfaktoren auf OHK-assoziierte Nebenwirkungen darauf hin, dass die sexuelle Zufriedenheit von Frauen in Beziehungen davon abhängen kann, ob OHK schon bei der Partnerwahl eingenommen wurden, oder ob der Gebrauch erst nach Beginn der Beziehung initiiert wurde (French & Meltzer, 2020; Roberts et al., 2014). Derartige Effekte sind allerdings umstritten (Botzet et al., 2021; Jern et al., 2018) und können in RCTs oder querschnittlichen Untersuchungen nicht entsprechend abgebildet werden. Naturalistische, längsschnittliche Studien wären in diesem Zusammenhang erforderlich und böten zahlreiche weitere Vorteile. So ließe sich beispielsweise genauer beobachten, inwiefern spezifische Personalfaktoren oder lebensgeschichtliche Erfahrungen die Auswahl kontrazeptiver Optionen beeinflussen, oder ob die Verwendung hormoneller Kontrazeptiva möglicherweise zu Veränderungen in diesen Merkmalen führt. Dies wäre auch in Bezug auf die beobachteten Unterschiede zwischen OHK-Verwenderinnen und freizyklierenden Frauen hinsichtlich sexueller Exzitation bzw. Inhibition relevant. Auch die Frage, inwiefern die DKM-Variablen das Risiko für sexuelle Funktionsstörungen erhöhen, oder das Erleben von sexuellen Funktionsstörungen zu Veränderungen von Exzitation und Inhibition führt, könnte in längsschnittlichen Studien adressiert werden. Weiterhin könnten mögliche Prädiktoren für die Initiierung, den Wechsel oder die Beendigung spezifischer kontrazeptiver Optionen, z.B. solchen mit androgenen vs. anti-androgenen Gestagenen, besser beleuchtet werden. Ein besonderer Fokus sollte auf längsschnittlich angelegte Untersuchungen mit Beginn in der Adoleszenz gelegt werden, da mögliche langfristige Effekte der Kontrazeptionseinnahme in der sensiblen Phase der Adoleszenz in querschnittlichen Untersuchungen nicht angemessen dargestellt werden können und Gruppenunterschiede somit möglicherweise unterschätzt werden. Zu betonen ist an dieser Stelle die geringe Zahl von Untersuchungen, die sich überhaupt möglichen (langfristigen) hirnmorphologischen, endokrinen oder psychologischen Auswirkungen der Kontrazeptionseinnahme in der Adoleszenz gewidmet haben. Solche Untersuchungen wären insbesondere deshalb so wichtig, weil OHK oft schon in der Adoleszenz verschrieben werden (Oppelt et al., 2018). Gleichzeitig könnten physiologische Effekte, aufgrund des starken Einflusses der Sexualsteroiden auf die Hirnentwicklung, in dieser Phase besonders stark ausgeprägt sein (Anderl et al., 2020; Anderl et al.,

2022; Cahill, 2018; Sharma, Fang et al., 2020; Sharma, Smith et al., 2020). Protokolle für derartige längsschnittliche Untersuchungen existieren bereits, sodass in Zukunft mit diesbezüglichen Ergebnissen zu rechnen ist (Zareian et al., 2022). Auch abseits der Adoleszenz liefern längsschnittliche Untersuchungen, die Veränderungen bei der Initiierung oder Beendigung der OHK-Einnahme beleuchten, einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Auswirkungen auf Hirnfunktion und mentale Gesundheit (Kimmig et al., 2024). Aufgrund des enormen zeitlichen und finanziellen Aufwands solcher längsschnittlichen Untersuchungen, könnten sich der Rückgriff auf vorbestehende Datensätze, wie die UK Biobank, oder Kooperationen mit Gesundheitsapps, die Frauen ohnehin verwenden, um ihren Zyklus und assoziierte Symptome sowie ihre sexuelle Aktivität zu tracken, anbieten (Hill & Mengelkoch, 2023). Die Durchführung von RCTs bleibt dennoch unverzichtbar, da sie sich besser als naturalistische Untersuchungen eignen, um Erwartungseffekte bzgl. möglicher Nebenwirkungen (sogenannte Noceboeffekte) zu kontrollieren (Hill & Mengelkoch, 2023).

Diese Aspekte sind insbesondere für die Erforschung möglicher Mechanismen und Moderatoren von OHK-Effekten relevant. Ergebnisse der zweiten Untersuchung weisen jedoch auch auf die besondere Bedeutung stabiler Trait-Dimensionen für sexuelle Funktion und erotische Stimulusverarbeitung hin. Sie unterstützen damit andere Studien, die konstatierten, dass intraindividuelle, stabile Merkmale für das sexuelle Verlangen eine entscheidende Rolle spielen, und möglicherweise bedeutsamer sind als endokrine Schwankungen (Elaut et al., 2012; Kiesner et al., 2023; Wehrum-Osinsky et al., 2014). Die Analyse dieser Dimensionen im Zusammenhang mit der erotischen Stimulusverarbeitung scheint daher für das Verständnis von sexueller Funktion und Gesundheit sowie für die Entwicklung therapeutischer Interventionen gewinnbringend zu sein (Bianchi-Demicheli et al., 2011; Brauer et al., 2012; Jong, 2009; Velten et al., 2021). Zukünftige Forschung würde diesbezüglich von einer größeren Vielfalt verwendeter Stimuluscharakteristika profitieren, um Veränderungen in der Stimulusverarbeitung gezielter identifizieren und später ggf. therapeutisch modulieren zu können. In der aktuellen Studie wurden beispielsweise eher wenig explizite erotische Bildstimuli verwendet, die keinen direkten Geschlechtsverkehr oder vollständig entkleidete Personen darstellten. Diese Auswahl basierte auf der höheren motivationalen Salienz solcher Bilder für Frauen (Kobayashi et al., 2021). Interindividuelle Unterschiede könnten sich jedoch bei expliziteren Bildern stärker offenbaren (van 't Hof & Cera, 2021), wobei jedoch Aspekte wie der individuelle Pornografiekonsum ebenfalls berücksichtigt werden sollten (Klein et al., 2020). Gerade bezüglich der beschriebenen Interaktion zwischen Inhibition und Exzitation könnten Ergebnisse je nach verwendeten Bildern variieren, da in Abhängigkeit der individuellen Ausprägungskombinationen unterschiedlich starke erotische Reize erforderlich sind, um sexuelle Reaktionen hervorzurufen (Bancroft & Janssen, 2000). In einem Paradigma, das die Präsentation von erotischen Filmclips mit einer genitalen Erregungsmessung kombinierte, berichteten Velten und Kollegen (2016) beispielsweise, dass bei Frauen die Richtung des Zusammenhangs zwischen sexueller Exzitation und genitaler Erregung von der Stärke der Inhibitionstendenz abhängig war. Bei niedriger Inhibitionstendenz zeigte sich ein positiver Zusammenhang, bei hoher Ausprägung jedoch ein negativer. Die Richtung des Interaktionseffekts unterschied sich somit von der hier beschriebenen Studie. Sowohl die Art der Messung (neurale Ansprechbarkeit vs. genitale Erregung) als auch die Art des verwendeten Stimulusmaterials könnten die unterschiedlichen Ergebnisse erklären. Weitere Forschung ist daher erforderlich, um das Zusammenspiel von Exzitation und Inhibition besser zu verstehen.

Neben der Explizitheit sollte außerdem die Valenz (positiv, negativ) präsentierter Bilder variiert werden. Ausgeprägte Inhibitionstendenzen könnten beispielsweise einhergehen mit einer stärkeren Aufmerksamkeitsallokation für Darstellungen von sexuellen Funktionsstörungen oder negativen Konsequenzen, die sich aus sexueller Aktivität ergeben können (ungewollte Schwangerschaften, sexuell übertragbare Erkrankungen, soziale „Verurteilung“). Darüber hinaus liefern Studien auch Belege für die besondere Bedeutung des Kontexts (Befriedigung, Intimität, Bindung, Zuneigung), in dem Sexualität stattfindet, für die sexuelle Motivation (Dewitte, 2015). Individuelle Motive sexuell aktiv zu werden können sich in Abhängigkeit von psychologischen wie auch endokrinen Faktoren unterscheiden (Grebe et al., 2013; Grøntvedt et al., 2017; Meston & Buss, 2007). Um dies in Studien entsprechend abzubilden, könnten vor der Bildpräsentation

Videos oder Texte eingesetzt werden, die diese Aspekte gezielt primen (Dewitte, 2015). Alternativ könnte die Verwendung von virtueller Realität einen realitätsnäheren Zugang zu erotischer Stimulusverarbeitung ermöglichen (Katz et al., 2023). Zusätzlich zu verschiedenen Stimuluscharakteristika wäre auch die Kombination unterschiedlicher Untersuchungsmethoden (Eye-tracking, genitale und neurale Messungen) gewinnbringend für ein vertieftes Verständnis der Zusammenhänge zwischen endokrinen oder dispositionellen Faktoren mit der erotischen Stimulusverarbeitung. Insbesondere der Einsatz von Eyetrackern würde ermöglichen zu verstehen, ob unterschiedliche Betrachtungsmuster den hier berichteten Ergebnissen zugrunde liegen. Derartige Unterschiede wurden sowohl im Zusammenhang mit sexuellen Funktionsstörungen als auch der OHK-Einnahme bereits beschrieben (Lykins et al., 2011; Rupp & Wallen, 2007; Velten et al., 2021), bisher jedoch nicht mit anderen Messungen kombiniert.

Bezüglich der sexuellen Exzitation und Inhibition, die nicht nur für sexuelle Funktionsstörungen, sondern ebenso für riskantes und zwanghaftes Sexualverhalten relevant sind (Nolet et al., 2017; Rettenberger et al., 2016; Velten, Scholten, Graham & Margraf, 2016b), sind Untersuchungen in entsprechenden Stichproben unabdingbar. Die vorliegende Stichprobe bestand aus jungen Frauen ohne diagnostizierte psychische oder körperliche Erkrankungen. Untersuchungen in Stichproben, die von sexuellen Funktionsstörungen oder zwanghaftem Sexualverhalten betroffen sind, stellen daher einen wichtigen nächsten Schritt dar. Hier könnte beispielsweise relevant sein, wie sexuelle Exzitation und Inhibition mit unterschiedlichen Stufen der Belohnungsverarbeitung (Antizipation, Sättigung, Belohnungslernen und -bewertung) zusammenhängen (Klein et al., 2022). Je nach Stichprobe und Fragestellung sollten dabei unterschiedliche Stimuli und experimentelle Paradigmen zum Einsatz kommen (z.B. Konditionierungsparadigmen, Approach-Avoidance-Tasks, Sexual-Incentive-Delay-Tasks; für einen Überblick siehe Klein et al., 2022). Aufgrund der berichteten Geschlechterunterschiede in beiden Dimensionen (Carpenter et al., 2008), könnte das Zusammenspiel zwischen sexueller Inhibition und Exzitation außerdem geschlechtsspezifisch unterschiedlich ausfallen.

Der thematischen Schwerpunktsetzung des Gesamtprojekts folgend wurde in der vorliegenden Studie eine rein biologische Geschlechtsdefinition angewendet und Aspekte der Geschlechtsidentität nicht berücksichtigt. Ebenso wurden nur heterosexuelle Frauen untersucht. Diese Faktoren sollten bei der Interpretation und Generalisierung der beschriebenen Ergebnisse bedacht werden. Explorativ durchgeführte Analysen im Rahmen der zweiten Publikation weisen auch auf mögliche Zusammenhänge zwischen sexueller Aktivität und erotischer Stimulusverarbeitung hin (siehe auch Prause et al., 2015). Bisher existieren jedoch kaum Untersuchungen zu möglichen Unterschieden in der erotischen Stimulusverarbeitung zwischen sexuell aktiven und nicht-aktiven oder asexuellen Individuen (vgl. Prause & Harenski, 2014). Für ein umfassendes Verständnis von sexueller Vielfalt und sexuellem Wohlbefinden wären solche Untersuchungen aber durchaus bedeutsam. In all diesen Untersuchungen sollte auch näher auf verschiedene Facetten der Exzitation (z.B. bezogen auf Partnercharakteristika oder interpersonelle Dynamiken) und Inhibition (z.B. bezogen auf die sexuelle „Leistung“ oder negative Konsequenzen der sexuellen Aktivität), die in unterschiedlichen Stichproben unterschiedlich relevant sein könnten, eingegangen werden (Graham et al., 2006; Janssen et al., 2002b).

Neben bisher dargelegten Forschungsansätzen zur Spezifikation der Auswirkungen endokriner und dispositioneller Faktoren auf die sexuelle Gesundheit, ist außerdem weitere Grundlagenforschung erforderlich. Dies betrifft v.a. zentralnervöse Wirkungen von (unterschiedlichen) OHK (Mitchell & Welling, 2020; Pluchino et al., 2006; Porcu et al., 2019) und anderen Formen der hormonellen Kontrazeption, die noch seltener untersucht wurden (z.B. Bürger et al., 2021; Zelionkaitė et al., 2024). Ebenso gilt es, genetische und umweltbezogene Einflussfaktoren sowie entsprechende biologische Korrelate der DKM-Variablen zu identifizieren. Wie bei Trait-Dimensionen üblich wird von einem Zusammenspiel von genetischen und Umweltfaktoren ausgegangen (Janssen & Bancroft, 2007; Varjonen et al., 2007), spezifische Bedingungsfaktoren wurden bislang allerdings nicht identifiziert. Auch zur zeitlichen Stabilität und möglichen Ursachen von Veränderungen liegen bislang zu wenige Untersuchungen vor (Velten et al., 2017; Velten et al., 2019).

Abschließend sei betont, dass die Verarbeitung erotischen Stimulusmaterials, wie auch Sexualität insgesamt, nicht nur durch die im Rahmen der Publikationen untersuchten Faktoren beeinflusst werden. Situative Einflüsse wie die Stimmung oder akuter Stress spielen ebenso eine Rolle wie vorhergehende positive oder negative Erfahrungen und kulturelle sowie gesellschaftliche Einflüsse (Peterson & Janssen, 2007; Rellini & Meston, 2011; Rubin et al., 2019; Stark et al., 2022). Auch die hier behandelten endokrinen und dispositionellen Faktoren beleuchten jeweils nur einen kleinen Aspekt eines viel komplexeren Bedingungsgefüges. Die genannten Faktoren wirken auch nicht unabhängig voneinander, sondern müssen in Interaktion betrachtet werden (z.B. Hodgson et al., 2016; van Tuijl et al., 2022). Soweit möglich sollten in der Sexualforschung daher situative und dispositionelle, biologische, psychologische und soziale Aspekte berücksichtigt werden, auch wenn das vordergründige Interesse einem einzelnen Prädiktor gilt.

5 Fazit

Analog zu aktuellen, gesellschaftlich präsenten Diskussionen über den Einfluss des Menstruationszyklus oder der Anti-Baby-Pille auf emotionale Prozesse bei Frauen, findet sich auch in der (neurowissenschaftlichen) Forschung zur mentalen und sexuellen Gesundheit von Frauen eine starke Fokussierung auf endokrine Prädiktoren. Dispositionelle Konstrukte werden in solchen Untersuchungen nur selten bedacht. In der vorliegenden Arbeit konnte jedoch gezeigt werden, dass sowohl hinsichtlich der sexuellen Funktion als auch in Bezug auf neurale Korrelate der erotischen Stimulusverarbeitung dispositionelle Faktoren eine entscheidende Rolle spielen. Beide Aspekte wiesen keine signifikanten Zusammenhänge mit der Einnahme von OHK auf. Die im DKM definierten Traitdimensionen der sexuellen Exzitation und Inhibition trugen hingegen signifikant zur Varianzaufklärung bei. Ein umfassendes Verständnis von emotionalen Verarbeitungsprozessen und sexueller Gesundheit kann insgesamt nur unter Berücksichtigung verschiedener Prädiktoren (u.a. genetische, endokrine, dispositionelle, lebensgeschichtliche, soziale), die notwendigerweise miteinander interagieren, gelingen. Ziel zukünftiger Forschungsbemühungen im Kontext der sexuellen Gesundheit sollte daher sein, diese Forschungsstränge stärker zu integrieren. So könnte im Sinne einer Person \times Umwelt Interaktion beispielsweise genauer untersucht werden, wie dispositionelle Merkmale einer Person sowie situative, interpersonelle und gesellschaftliche Umstände mit beobachteten endokrinen Veränderungen während des Menstruationszyklus, der OHK-Einnahme oder der Menopause interagieren, um Veränderungen der sexuellen Gesundheit vorherzusagen. Dabei gilt es zu beachten, dass Maße der sexuellen Funktion die sexuelle Gesundheit nicht vollumfassend abbilden können. Weitere Aspekte, wie sexuelle Zufriedenheit und sexualitätsbezogene Kognitionen, sollten zusätzlich erhoben werden.

6 Literaturverzeichnis

- Abler, B., Kumpfmüller, D., Grön, G., Walter, M., Stingl, J. & Seeringer, A. (2013). Neural correlates of erotic stimulation under different levels of female sexual hormones. *PLOS ONE*, 8(2), Artikel e54447. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054447>
- Ågmo, A. & Laan, E. (2023). The sexual incentive motivation model and its clinical applications. *The Journal of Sex Research*, 60(7), 969–988. <https://doi.org/10.1080/00224499.2022.2134978>
- Aguiar, S., Carvalho, J., Carrito, M. L. & Santos, I. M. (2023). Automatic attention to sexual stimuli: Exploring the role of neuroticism and sexual excitation/inhibition through event-related potentials. *The Journal of Sexual Medicine*, 20(3), 367–376. <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdac048>
- Ali, M. M., Cleland, J. & Shan, I. H. (2012). *Causes and consequences of contraceptive discontinuation: Evidence from 60 demographic and health surveys*. World Health Organization. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/75429/?sequence=1>
- Allen, M. S. & Walter, E. E. (2018). Linking big five personality traits to sexuality and sexual health: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 144(10), 1081–1110. <https://doi.org/10.1037/bul0000157>
- Anderl, C., Li, G [Gu] & Chen, F. S. (2020). Oral contraceptive use in adolescence predicts lasting vulnerability to depression in adulthood. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 61(2), 148–156. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13115>
- Anderl, C., Wit, A. de, Giltay, E. J., Oldehinkel, A. J. & Chen, F. S. (2022). Association between adolescent oral contraceptive use and future major depressive disorder: A prospective cohort study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 63(3), 333–341. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13476>
- Aristo Pharma GmbH. (2018). *Gebrauchsinformation: Information für Anwenderinnen: Swingo 20*. (Stand Dezember 2018). https://www.aristo-pharma.de/sites/aristo-pharma-main/files/2019-10/Swingo_20_GI_40021714-4_web.pdf
- Armbruster, D., Kirschbaum, C. & Strobel, A. (2017). The not-so-bitter pill: Effects of combined oral contraceptives on peripheral physiological indicators of emotional reactivity. *Hormones and Behavior*, 94, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2017.06.009>
- Arslan, R. C., Schilling, K. M., Gerlach, T. M. & Penke, L. (2021). Using 26,000 diary entries to show ovulatory changes in sexual desire and behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 121(2), 410–431. <https://doi.org/10.1037/pspp0000208>
- Atallah, S., Johnson-Agbakwu, C., Rosenbaum, T., Abdo, C. H. N., Byers, E. S., Graham, C. A., Nobre, P. J., Wylie, K. & Brotto, L. A. (2016). Ethical and sociocultural aspects of sexual function and dysfunction in both sexes. *The Journal of Sexual Medicine*, 13(4), 591–606. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2016.01.021>
- Bancroft, J. (1999). Central inhibition of sexual response in the male: A theoretical perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 23(6), 763–784. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(99\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(99)00019-6)
- Bancroft, J., Graham, C. A., Janssen, E. & Sanders, S. A. (2009). The dual control model: Current status and future directions. *The Journal of Sex Research*, 46(2-3), 121–142. <https://doi.org/10.1080/00224490902747222>
- Bancroft, J. & Janssen, E. (2000). The dual control model of male sexual response: A theoretical approach to centrally mediated erectile dysfunction. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(5), 571–579. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(00\)00024-5](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(00)00024-5)
- Bártová, K., Novák, O., Weiss, P. & Klapilová, K. (2021). Personality traits and sociosexual orientation are related to sexual inhibition and sexual excitation scales: Evidence from the Czech Republic. *Personality and Individual Differences*, 171, Artikel 110468. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2020.110468>
- Beltz, A. M., Loviska, A. M. & Kelly, D. (2019). No personality differences between oral contraceptive users and naturally cycling women: Implications for research on sex

- hormones. *Psychoneuroendocrinology*, *100*, 127–130. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.09.034>
- Bengtsdotter, H., Lundin, C., Gemzell-Danielsson, K., Bixo, M., Baumgart, J., Marions, L., Brynhildsen, J., Malmborg, A., Lindh, I. & Sundström Poromaa, I. (2018). Ongoing or previous mental disorders predispose to adverse mood reporting during combined oral contraceptive use. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care*, *23*(1), 45–51. <https://doi.org/10.1080/13625187.2017.1422239>
- Berner, M. M., Kriston, L., Zahradnik, H. P., Härter, M. & Rohde, A. (2004). Überprüfung der Gültigkeit und Zuverlässigkeit des deutschen Female Sexual Function Index (FSFI-d). *Geburtshilfe und Frauenheilkunde*, *64*(3), 293–303. <https://doi.org/10.1055/s-2004-815815>
- Berry, M. D. & Berry, P. D. (2013). Contemporary treatment of sexual dysfunction: Reexamining the biopsychosocial model. *The Journal of Sexual Medicine*, *10*(11), 2627–2643. <https://doi.org/10.1111/jsm.12273>
- Bertsch, K., Böhnke, R., Kruk, M. R. & Naumann, E. (2009). Influence of aggression on information processing in the emotional Stroop task - an event-related potential study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *3*, Artikel 28. <https://doi.org/10.3389/neuro.08.028.2009>
- Bianchi-Demicheli, F., Cojan, Y., Waber, L., Recordon, N., Vuilleumier, P. & Ortigue, S. (2011). Neural bases of hypoactive sexual desire disorder in women: An event-related fMRI study. *The Journal of Sexual Medicine*, *8*(9), 2546–2559. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2011.02376.x>
- Bishop, J. R., Ellingrod, V. L., Akroush, M. & Moline, J. (2009). The association of serotonin transporter genotypes and selective serotonin reuptake inhibitor (SSRI)-associated sexual side effects: Possible relationship to oral contraceptives. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, *24*(3), 207–215. <https://doi.org/10.1002/hup.1006>
- Bittoni, C. & Kiesner, J. (2023). When the brain turns on with sexual desire: fMRI findings, issues, and future directions. *Sexual Medicine Reviews*, *11*(4), 296–311. <https://doi.org/10.1093/sxmrev/qead029>
- Bögels, S. M. & Mansell, W. (2004). Attention processes in the maintenance and treatment of social phobia: Hypervigilance, avoidance and self-focused attention. *Clinical Psychology Review*, *24*(7), 827–856. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2004.06.005>
- Both, S., Everaerd, W. & Laan, E. (2007). Desire emerges from excitement: A psychophysiological perspective on sexual motivation. In E. Janssen (Hrsg.), *The psychophysiology of sex* (S. 327–339). Indiana University Press.
- Both, S., Lew-Starowicz, M., Luria, M., Sartorius, G., Maseroli, E., Tripodi, F., Lowenstein, L., Nappi, R. E., Corona, G., Reisman, Y. & Vignozzi, L. (2019). Hormonal contraception and female sexuality: Position statements from the European Society of Sexual Medicine (ESSM). *The Journal of Sexual Medicine*, *16*(11), 1681–1695. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2019.08.005>
- Botzet, L. J., Gerlach, T. M., Driebe, J. C., Penke, L. & Arslan, R. C. (2021). Hormonal contraception and sexuality: Causal effects, unobserved selection, or reverse causality? *Collabra: Psychology*, *7*(1), Artikel 29039. <https://doi.org/10.1525/collabra.29039>
- Bouchard, C., Brisson, J., Fortier, M., Morin, C. & Blanchette, C. (2002). Use of oral contraceptive pills and vulvar vestibulitis: A case-control study. *American Journal of Epidemiology*, *156*(3), 254–261. <https://doi.org/10.1093/aje/kwf037>
- Bradley, M. M. & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *25*(1), 49–59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
- Brauer, M., van Leeuwen, M., Janssen, E., Newhouse, S. K., Heiman, J. R. & Laan, E. (2012). Attentional and affective processing of sexual stimuli in women with hypoactive sexual desire disorder. *Archives of Sexual Behavior*, *41*(4), 891–905. <https://doi.org/10.1007/s10508-011-9820-7>

- Briggs, K. E. & Martin, F. H. (2009). Affective picture processing and motivational relevance: Arousal and valence effects on ERPs in an oddball task. *International Journal of Psychophysiology*, 72(3), 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.01.009>
- Brønneck, M. K., Økland, I., Graugaard, C. & Brønneck, K. K. (2020). The effects of hormonal contraceptives on the brain: A systematic review of neuroimaging studies. *Frontiers in Psychology*, 11, Artikel 556577. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.556577>
- Brouillard, A., Davignon, L. M., Fortin, J. & Marin, M.-F. (2022). A year through the COVID-19 pandemic: Deleterious impact of hormonal contraception on psychological distress in women. *Frontiers in Psychiatry*, 13, Artikel 835857. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.835857>
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. (2023, 16. November). *Kondom löst Pille als Verhütungsmittel Nummer eins ab: Neue BZgA-Studiendaten zum Verhütungsverhalten Erwachsener* [Pressemitteilung]. <https://www.sexualaufklaerung.de/nachrichten-1/kondom-loest-pille-als-verhuetungsmittel-nummer-eins-ab/>
- Bürger, Z., Bucher, A. M., Comasco, E., Henes, M., Hübner, S., Kogler, L. & Derntl, B. (2021). Association of levonorgestrel intrauterine devices with stress reactivity, mental health, quality of life and sexual functioning: A systematic review. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 63, Artikel 100943. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2021.100943>
- Burri, A., Hilpert, P. & Spector, T. (2015). Longitudinal evaluation of sexual function in a cohort of pre- and postmenopausal women. *The Journal of Sexual Medicine*, 12(6), 1427–1435. <https://doi.org/10.1111/jsm.12893>
- Burrows, L. J., Basha, M. & Goldstein, A. T. (2012). The effects of hormonal contraceptives on female sexuality: A review. *The Journal of Sexual Medicine*, 9(9), 2213–2223. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2012.02848.x>
- Buvat, J., Maggi, M., Gooren, L., Guay, A. T., Kaufman, J., Morgentaler, A., Schulman, C., Tan, H. M., Torres, L. O., Yassin, A. & Zitzmann, M. (2010). Endocrine aspects of male sexual dysfunctions. *The Journal of Sexual Medicine*, 7(4 Pt 2), 1627–1656. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2010.01780.x>
- Cacioppo, S. (2017). Neuroimaging of female sexual desire and hypoactive sexual desire disorder. *Sexual Medicine Reviews*, 5(4), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.sxmr.2017.07.006>
- Cahill, L. (2018). How does hormonal contraception affect the developing human adolescent brain? *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 23, 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2018.06.015>
- Calabrò, R. S., Cacciola, A., Bruschetta, D., Milardi, D., Quattrini, F., Sciarrone, F., La Rosa, G., Bramanti, P. & Anastasi, G. (2019). Neuroanatomy and function of human sexual behavior: A neglected or unknown issue? *Brain and Behavior*, 9(12), Artikel e01389. <https://doi.org/10.1002/brb3.1389>
- Carpenter, D., Janssen, E., Graham, C. A., Vorst, H. & Wicherts, J. (2008). Women's scores on the sexual inhibition/sexual excitation scales (SIS/SES): Gender similarities and differences. *The Journal of Sex Research*, 45(1), 36–48. <https://doi.org/10.1080/00224490701808076>
- Caruso, S., Agnello, C., Intelisano, G., Farina, M., Di Mari, L., Sparacino, L. & Cianci, A. (2005). Prospective study on sexual behavior of women using 30 µg ethinylestradiol and 3 mg drospirenone oral contraceptive. *Contraception*, 72(1), 19–23. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2005.02.002>
- Carvalho, J., Czop, O., Rocha, M., Nobre, P. J. & Soares, S. (2018). Gender differences in the automatic attention to romantic vs sexually explicit stimuli. *The Journal of Sexual Medicine*, 15(8), 1083–1092. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2018.06.008>
- Clifton, J., Seehuus, M. & Rellini, A. H. (2015). Testing cognitive predictors of individual differences in the sexual psychophysiological responses of sexually functional women. *Psychophysiology*, 52(7), 957–968. <https://doi.org/10.1111/psyp.12423>
- Coffee, A. L., Sulak, P. J. & Kuehl, T. J. (2007). Long-term assessment of symptomatology and satisfaction of an extended oral contraceptive regimen. *Contraception*, 75(6), 444–449. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2007.01.014>

- Curtis, K. M., Chrisman, C. E., Mohllajee, A. P. & Peterson, H. B. (2006). Effective use of hormonal contraceptives: Part I: Combined oral contraceptive pills. *Contraception*, 73(2), 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2005.08.003>
- Daniels, K., Mosher, W. D. & Jones, J. (2013). *National Health Statistics Reports (Nr. 62): Contraceptive methods women have ever used: United States, 1982-2010*. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, S. 1–15. <https://www.cdc.gov/nchs/data/nhsr/nhsr062.pdf>
- Del Río, J. P., Alliende, M. I., Molina, N., Serrano, F. G., Molina, S. & Vigil, P. (2018). Steroid hormones and their action in women's brains: The importance of hormonal balance. *Frontiers in Public Health*, 6, Artikel 141. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00141>
- Demos, K. E., Heatherton, T. F. & Kelley, W. M. (2012). Individual differences in nucleus accumbens activity to food and sexual images predict weight gain and sexual behavior. *Journal of Neuroscience*, 32(16), 5549–5552. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5958-11.2012>
- Dewitte, M. (2015). Gender differences in liking and wanting sex: Examining the role of motivational context and implicit versus explicit processing. *Archives of Sexual Behavior*, 44(6), 1663–1674. <https://doi.org/10.1007/s10508-014-0419-7>
- Dhingra, V., Magnay, J. L., O'Brien, P. M. S., Chapman, G., Fryer, A. A. & Ismail, K. M. K. (2007). Serotonin receptor 1A C(-1019)G polymorphism associated with premenstrual dysphoric disorder. *Obstetrics & Gynecology*, 110(4), 788–792. <https://doi.org/10.1097/01.AOG.0000284448.73490.ac>
- Dosch, A., Belayachi, S. & van der Linden, M. (2016). Implicit and explicit sexual attitudes: How are they related to sexual desire and sexual satisfaction in men and women? *The Journal of Sex Research*, 53(2), 251–264. <https://doi.org/10.1080/00224499.2014.1003361>
- Elaut, E., Buysse, A., Sutter, P. de, Cuypere, G. de, Gerris, J., Deschepper, E. & T'Sjoen, G. (2012). Relation of androgen receptor sensitivity and mood to sexual desire in hormonal contraception users. *Contraception*, 85(5), 470–479. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2011.10.007>
- Eymers, E. & Römer, T. (2023). Orale Kontrazeptiva: Wie neugewonnene Evidenz zu einer Veränderung der Arzneimitteltherapie führt. In H. Schröder, P. Thürmann, C. Telschow, M. Schröder & R. Busse (Hrsg.), *Arzneimittel-Kompass 2022: Qualität der Arzneimittelversorgung* (S. 127–137). Springer Berlin; Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66041-6_8
- Farage, M. A., Osborn, T. W. & MacLean, A. B. (2008). Cognitive, sensory, and emotional changes associated with the menstrual cycle: A review. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 278(4), 299–307. <https://doi.org/10.1007/s00404-008-0708-2>
- Farkas, A. H., Oliver, K. I. & Sabatinelli, D. (2020). Emotional and feature-based modulation of the early posterior negativity. *Psychophysiology*, 57(2), Artikel e13484. <https://doi.org/10.1111/psyp.13484>
- Ferrari, V., Codispoti, M., Cardinale, R. & Bradley, M. M. (2008). Directed and motivated attention during processing of natural scenes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(10), 1753–1761. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20121>
- Ferrey, A. E., Frischen, A. & Fenske, M. J. (2012). Hot or not: Response inhibition reduces the hedonic value and motivational incentive of sexual stimuli. *Frontiers in Psychology*, 3, Artikel 575. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00575>
- Fillenberg, S. (2017). Kontrazeption. In L. Lasch & S. Fillenberg (Hrsg.), *Basiswissen Gynäkologie und Geburtshilfe* (S. 149–154). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-52809-9_12
- Folstein, J. R. & van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45(1), 152–170. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00602.x>

- Frank, D. W. & Sabatinelli, D. (2019). Hemodynamic and electrocortical reactivity to specific scene contents in emotional perception. *Psychophysiology*, 56(6), Artikel e13340. <https://doi.org/10.1111/psyp.13340>
- Franken, I. H. A., Gootjes, L. & van Strien, J. W. (2009). Automatic processing of emotional words during an emotional Stroop task. *NeuroReport*, 20(8), 776–781. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32832b02fe>
- French, J. E. & Meltzer, A. L. (2020). The implications of changing hormonal contraceptive use after relationship formation. *Evolution and Human Behavior*, 41(4), 274–283. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2020.04.003>
- Frühauf, S., Gerger, H., Schmidt, H. M., Munder, T. & Barth, J. (2013). Efficacy of psychological interventions for sexual dysfunction: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Sexual Behavior*, 42(6), 915–933. <https://doi.org/10.1007/s10508-012-0062-0>
- Fruzzetti, F. & Fidecicchi, T. (2020). Hormonal contraception and depression: Updated evidence and implications in clinical practice. *Clinical Drug Investigation*, 40(12), 1097–1106. <https://doi.org/10.1007/s40261-020-00966-8>
- Gable, P. A. & Harmon-Jones, E. (2013). Does arousal per se account for the influence of appetitive stimuli on attentional scope and the late positive potential? *Psychophysiology*, 50(4), 344–350. <https://doi.org/10.1111/psyp.12023>
- Gerhard, S. (18. April 2017). Antibabypille: Volles Haar, glatte Haut, keine Lust auf Sex. *Zeit Campus*. <https://www.zeit.de/campus/2017-02/antibabypille-verhuetung-frauen-sex-depressionen-hormone>
- Gildersleeve, K., Haselton, M. G. & Fales, M. R. (2014). Do women's mate preferences change across the ovulatory cycle? A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 140(5), 1205–1259. <https://doi.org/10.1037/a0035438>
- Gingnell, M., Engman, J., Frick, A., Moby, L., Wikström, J., Fredrikson, M. & Sundström Poromaa, I. (2013). Oral contraceptive use changes brain activity and mood in women with previous negative affect on the pill--a double-blinded, placebo-controlled randomized trial of a levonorgestrel-containing combined oral contraceptive. *Psychoneuroendocrinology*, 38(7), 1133–1144. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.11.006>
- Glaeske, G. & Thürmann, P. (2015). *Pillenreport: Ein Statusbericht zu oralen Kontrazeptiva*. Techniker Krankenkasse. <https://www.tk.de/resource/blob/2043476/f68a7108f6cdeae1a58e438d312e3ac6/studienband-pillenreport-2015-data.pdf>
- Goldstein, A. T., Belkin, Z. R., Krapf, J. M., Song, W., Khera, M., Jutrzonka, S. L., Kim, N. N., Burrows, L. J. & Goldstein, I. (2014). Polymorphisms of the androgen receptor gene and hormonal contraceptive induced provoked vestibulodynia. *The Journal of Sexual Medicine*, 11(11), 2764–2771. <https://doi.org/10.1111/jsm.12668>
- Graf, H., Malejko, K., Metzger, C. D., Walter, M., Grön, G. & Abler, B. (2019). Serotonergic, dopaminergic, and noradrenergic modulation of erotic stimulus processing in the male human brain. *Journal of Clinical Medicine*, 8(3), Artikel 363. <https://doi.org/10.3390/jcm8030363>
- Graham, C. A., Bancroft, J., Doll, H. A., Greco, T. & Tanner, A. (2007). Does oral contraceptive-induced reduction in free testosterone adversely affect the sexuality or mood of women? *Psychoneuroendocrinology*, 32(3), 246–255. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2006.12.011>
- Graham, C. A., Sanders, S. A. & Milhausen, R. R. (2006). The sexual excitation/sexual inhibition inventory for women: Psychometric properties. *Archives of Sexual Behavior*, 35(4), 397–409. <https://doi.org/10.1007/s10508-006-9041-7>
- Granados, R., Carvalho, J. & Sierra, J. C. (2020). Preliminary evidence on how the dual control model predicts female sexual response to a bogus negative feedback. *Psychological Reports*, 124(2), 502–520. <https://doi.org/10.1177/0033294120907310>

- Granados, R., Moyano, N. & Sierra, J. C. (2020). Behavioral intention to have risky sex in young men and women: The role of sexual excitation and assertiveness. *PLOS ONE*, *15*(5), Artikel e0232889. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232889>
- Granados, R., Salinas, J. M. & Sierra, J. C. (2017). Spanish version of the sexual excitation/sexual inhibition inventory for women: Factorial structure, reliability and validity evidences. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, *17*(1), 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2016.09.003>
- Grebe, N. M., Gangestad, S. W., Garver-Apgar, C. E. & Thornhill, R. (2013). Women's luteal-phase sexual proceptivity and the functions of extended sexuality. *Psychological Science*, *24*(10), 2106–2110. <https://doi.org/10.1177/0956797613485965>
- Greenstein, A., Ben-Aroya, Z., Fass, O., Militscher, I., Roslik, Y., Chen, J. & Abramov, L. (2007). Vulvar vestibulitis syndrome and estrogen dose of oral contraceptive pills. *The Journal of Sexual Medicine*, *4*(6), 1679–1683. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2007.00621.x>
- Gregory, R., Cheng, H., Rupp, H. A., Sengelaub, D. R. & Heiman, J. R. (2015). Oxytocin increases VTA activation to infant and sexual stimuli in nulliparous and postpartum women. *Hormones and Behavior*, *69*, 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.12.009>
- Grøntvedt, T. V., Grebe, N. M., Kennair, L. E. O. & Gangestad, S. W. (2017). Estrogenic and progesterogenic effects of hormonal contraceptives in relation to sexual behavior: Insights into extended sexuality. *Evolution and Human Behavior*, *38*(3), 283–292. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2016.10.006>
- Gurvich, C., Warren, A. M., Worsley, R., Hudaib, A.-R., Thomas, N. & Kulkarni, J. (2020). Effects of oral contraceptive androgenicity on visuospatial and social-emotional cognition: A prospective observational trial. *Brain Sciences*, *10*(4), Artikel 194. <https://doi.org/10.3390/brainsci10040194>
- Hajcak, G., Dunning, J. P. & Foti, D. (2009). Motivated and controlled attention to emotion: Time-course of the late positive potential. *Clinical Neurophysiology*, *120*(3), 505–510. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.11.028>
- Hajcak, G., MacNamara, A. & Olvet, D. M. (2010). Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: An integrative review. *Developmental Neuropsychology*, *35*(2), 129–155. <https://doi.org/10.1080/87565640903526504>
- Hajcak, G., Weinberg, A., MacNamara, A. & Foti, D. (2012). ERPs and the study of emotion. In S. J. Luck & E. S. Kappenman (Hrsg.), *The Oxford handbook of event-related potential components* (S. 441–472). Oxford Univ. Press.
- Hampson, E. (2023). Oral contraceptives in the central nervous system: Basic pharmacology, methodological considerations, and current state of the field. *Frontiers in Neuroendocrinology*, *68*, Artikel 101040. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101040>
- Handy, A. B., McMahan, L. N., Goldstein, I. & Meston, C. M. (2023). Reduction in genital sexual arousal varies by type of oral contraceptive pill. *The Journal of Sexual Medicine*, *20*(8), 1094–1102. <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdad072>
- Harvey, S. M., Oakley, L. P., Washburn, I. & Agnew, C. R. (2018). Contraceptive method choice among young adults: Influence of individual and relationship factors. *The Journal of Sex Research*, *55*(9), 1106–1115. <https://doi.org/10.1080/00224499.2017.1419334>
- Hayes, A. F. (2018). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach*. *Methodology in the social sciences*. Guilford Press.
- Heller, C., Kimmig, A.-C. S., Kubicki, M. R., Derntl, B. & Kikinis, Z. (2022). Imaging the human brain on oral contraceptives: A review of structural imaging methods and implications for future research goals. *Frontiers in Neuroendocrinology*, *67*, Artikel 101031. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101031>
- Herder, T., Spoelstra, S. K., Peters, A. W. M. & Knegtering, H. (2023). Sexual dysfunction related to psychiatric disorders: A systematic review. *The Journal of Sexual Medicine*, *20*(7), 965–976. <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdad074>
- Herrera, A. Y., Velasco, R., Faude, S., White, J. D., Opitz, P. C., Huang, R., Tu, K. & Mather, M. (2020). Brain activity during a post-stress working memory task differs between the

- hormone-present and hormone-absent phase of hormonal contraception. *Neurobiology of Stress*, 13, Artikel 100248. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2020.100248>
- Higgins, J. A., Wright, K. Q., Turok, D. K. & Sanders, J. N. (2020). Beyond safety and efficacy: Sexuality-related priorities and their associations with contraceptive method selection. *Contraception*, 2, Artikel 100038. <https://doi.org/10.1016/j.conx.2020.100038>
- Hill, S. E. & Mengelkoch, S. (2023). Moving beyond the mean: Promising research pathways to support a precision medicine approach to hormonal contraception. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 68, Artikel 101042. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101042>
- Hodgson, B., Kukkonen, T. M., Binik, Y. M. & Carrier, S. (2016). Using the dual control model to investigate the relationship between mood, genital, and self-reported sexual arousal in men and women. *The Journal of Sex Research*, 53(8), 979–993. <https://doi.org/10.1080/00224499.2015.1110107>
- Hu, J., Zhou, B., Li, Y [Yingtao], Deng, Y., He, Q., Ye, J. & Ning, Y. (2019). The interaction between estradiol change and the serotonin transporter gene (5-HTTLPR) polymorphism is associated with postpartum depressive symptoms. *Psychiatric Genetics*, 29(4), 97–102. <https://doi.org/10.1097/YPG.0000000000000222>
- Huang, M., Li, G [Guangqing], Liu, J [Jiajun], Li, Y [Yingxiong] & Du, P. (2020). Is there an association between contraception and sexual dysfunction in women? A systematic review and meta-analysis based on female sexual function index. *The Journal of Sexual Medicine*, 17(10), 1942–1955. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2020.06.008>
- Huberman, J. S., Mangardich, H., Sabbagh, M. A. & Chivers, M. L. (2023). ERP responses to sexual cues among young women attracted to men. *Psychophysiology*, 60(2), Artikel e14162. <https://doi.org/10.1111/psyp.14162>
- Janssen, E. (Hrsg.). (2007). *The psychophysiology of sex*. Indiana University Press.
- Janssen, E. & Bancroft, J. (2007). The dual control model: The role of sexual inhibition and excitation in sexual arousal and behavior. In E. Janssen (Hrsg.), *The psychophysiology of sex* (S. 197–222). Indiana University Press.
- Janssen, E. & Bancroft, J. (2023). The dual control model of sexual response: A scoping review, 2009–2022. *The Journal of Sex Research*, 60(7), 1–21. <https://doi.org/10.1080/00224499.2023.2219247>
- Janssen, E., Everaerd, W., Spiering, M. & Janssen, J. (2000). Automatic processes and the appraisal of sexual stimuli: Toward an information processing model of sexual arousal. *The Journal of Sex Research*, 37(1), 8–23. <https://doi.org/10.1080/00224490009552016>
- Janssen, E., Vorst, H., Finn, P. & Bancroft, J. (2002a). The sexual inhibition (SIS) and sexual excitation (SES) scales: I. Measuring sexual inhibition and excitation proneness in men. *The Journal of Sex Research*, 39(2), 114–126. <https://doi.org/10.1080/00224490209552130>
- Janssen, E., Vorst, H., Finn, P. & Bancroft, J. (2002b). The sexual inhibition (SIS) and sexual excitation (SES) Scales: II. Predicting psychophysiological response patterns. *The Journal of Sex Research*, 39(2), 127–132. <https://doi.org/10.1080/00224490209552131>
- Jarva, J. A. & Oinonen, K. A. (2007). Do oral contraceptives act as mood stabilizers? Evidence of positive affect stabilization. *Archives of Women's Mental Health*, 10(5), 225–234. <https://doi.org/10.1007/s00737-007-0197-5>
- Jern, P., Kärnä, A., Hujanen, J., Erlin, T., Gunst, A., Rautaheimo, H., Öhman, E., Roberts, S. C. & Zietsch, B. P. (2018). A high-powered replication study finds no effect of starting or stopping hormonal contraceptive use on relationship quality. *Evolution and Human Behavior*, 39(4), 373–379. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2018.02.008>
- Johnson, S., Marriott, L. & Zinaman, M. (2018). Can apps and calendar methods predict ovulation with accuracy? *Current Medical Research and Opinion*, 34(9), 1587–1594. <https://doi.org/10.1080/03007995.2018.1475348>
- Jong, D. C. de (2009). The role of attention in sexual arousal: Implications for treatment of sexual dysfunction. *The Journal of Sex Research*, 46(2-3), 237–248. <https://doi.org/10.1080/00224490902747230>

- Kagerer, S., Wehrum, S., Klucken, T., Walter, B., Vaitl, D. & Stark, R. (2014). Sex attracts: Investigating individual differences in attentional bias to sexual stimuli. *PLOS ONE*, 9(9), Artikel e107795. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107795>
- Katz, M. A., Penniston, T. L., Barry, C., Micanovic, N., Seto, M. C. & Chivers, M. L. (2023). Use of sexual stimuli in research and clinical settings: Expert opinion and recommendations. *Sexual Medicine*, 11(2), 1-10. <https://doi.org/10.1093/sexmed/qfad012>
- Kausche, F. M., Härpfer, K., Carsten, H. P., Kathmann, N. & Riesel, A. (2022). Early hypervigilance and later avoidance: Event-related potentials track the processing of threatening stimuli in anxiety. *Behaviour Research and Therapy*, 158, Artikel 104181. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2022.104181>
- Kelly, S., Davies, E., Fearn, S., McKinnon, C., Carter, R., Gerlinger, C. & Smithers, A. (2010). Effects of oral contraceptives containing ethinylestradiol with either drospirenone or levonorgestrel on various parameters associated with well-being in healthy women: A randomized, single-blind, parallel-group, multicentre study. *Clinical Drug Investigation*, 30(5), 325–336. <https://doi.org/10.2165/11535450-000000000-00000>
- Kiesner, J., Bittoni, C., Eisenlohr-Moul, T. A., Komisaruk, B. R. & Pastore, M. (2023). Menstrual cycle-driven vs noncyclical daily changes in sexual desire. *The Journal of Sexual Medicine*, 20(6), 756–765. <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdad032>
- Kimmig, A.-C. S., Friedrich, P., Drotleff, B., Lämmerhofer, M., Sundström Poromaa, I., Weis, S. & Derntl, B. (2024). Role of hormonal change after start and discontinuation of the pill in women’s functional brain architecture and mental health. *Psychoneuroendocrinology*, 160, Artikel 106731. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106731>
- Klein, S., Krikova, K., Antons, S., Brand, M., Klucken, T. & Stark, R. (2022). Reward responsiveness, learning, and valuation implicated in problematic pornography use — a research domain criteria perspective. *Current Addiction Reports*, 9(3), 114–125. <https://doi.org/10.1007/s40429-022-00423-w>
- Klein, S., Kruse, O., Markert, C., Tapia León, I., Strahler, J. & Stark, R. (2020). Subjective reward value of visual sexual stimuli is coded in human striatum and orbitofrontal cortex. *Behavioural Brain Research*, 393, Artikel 112792. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112792>
- Kobayashi, M., Nakamura, K. & Watanabe, K. (2021). Sex differences in the motivation for viewing sexually arousing images. *Evolutionary Psychological Science*, 7(3), 273–283. <https://doi.org/10.1007/s40806-021-00276-y>
- Kubitschek, J. (30. Mai 2005). Zerstört die Pille weibliche Libido auf Dauer? *Spiegel*. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/verhuetung-zerstoert-die-pille-weibliche-libido-auf-dauer-a-358222.html>
- Langeslag, S. J. E. & van Strien, J. W. (2013). Up-regulation of emotional responses to reward-predicting stimuli: An ERP study. *Biological Psychology*, 94(1), 228–233. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.05.021>
- Larsen, S. V., Köhler-Forsberg, K., Dam, V. H., Poulsen, A. S., Svarer, C., Jensen, P. S., Knudsen, G. M., Fisher, P. M., Ozenne, B. & Frokjaer, V. G. (2020). Oral contraceptives and the serotonin 4 receptor: A molecular brain imaging study in healthy women. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 142(4), 294–306. <https://doi.org/10.1111/acps.13211>
- Larsen, S. V., Mikkelsen, A. P., Lidgaard, Ø. & Frokjaer, V. G. (2023). Depression associated with hormonal contraceptive use as a risk indicator for postpartum depression. *JAMA Psychiatry*, 80(7), 682–689. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2023.0807>
- Leiblum, S. R. & Wiegel, M. (2002). Psychotherapeutic interventions for treating female sexual dysfunction. *World Journal of Urology*, 20(2), 127–136. <https://doi.org/10.1007/s00345-002-0266-3>
- Lundin, C., Danielsson, K. G., Bixo, M., Moby, L., Bengtsdotter, H., Jawad, I., Marions, L., Brynhildsen, J., Malmborg, A., Lindh, I. & Sundström Poromaa, I. (2017). Combined oral contraceptive use is associated with both improvement and worsening of mood in the different phases of the treatment cycle—a double-blind, placebo-controlled randomized

- trial. *Psychoneuroendocrinology*, 76, 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.11.033>
- Lundin, C., Malmborg, A., Slezak, J., Gemzell-Danielsson, K., Bixo, M., Bengtsdotter, H., Marions, L., Lindh, I., Theodorsson, E., Hammar, M. & Sundström Poromaa, I. (2018). Sexual function and combined oral contraceptives - a randomised, placebo-controlled trial. *Endocrine Connections*, 7(11), 1208–1216. <https://doi.org/10.1530/EC-18-0384>
- Lundin, C., Wikman, A., Bixo, M., Gemzell-Danielsson, K. & Sundström Poromaa, I. (2021). Towards individualised contraceptive counselling: Clinical and reproductive factors associated with self-reported hormonal contraceptive-induced adverse mood symptoms. *BMJ Sexual & Reproductive Health*, 47, e1-e8. <https://doi.org/10.1136/bmjshr-2020-200658>
- Lykins, A. D., Janssen, E., Newhouse, S. K., Heiman, J. R. & Rafaeli, E. (2012). The effects of similarity in sexual excitation, inhibition, and mood on sexual arousal problems and sexual satisfaction in newlywed couples. *The Journal of Sexual Medicine*, 9(5), 1360–1366. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2012.02698.x>
- Lykins, A. D., Meana, M. & Minimi, J. (2011). Visual attention to erotic images in women reporting pain with intercourse. *The Journal of Sex Research*, 48(1), 43–52. <https://doi.org/10.1080/00224490903556374>
- Malmborg, A., Persson, E., Brynhildsen, J. & Hammar, M. (2016). Hormonal contraception and sexual desire: A questionnaire-based study of young Swedish women. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care*, 21(2), 158–167. <https://doi.org/10.3109/13625187.2015.1079609>
- Martin-Loeches, M., Ortí, R. M., Monfort, M., Ortega, E. & Rius, J. (2003). A comparative analysis of the modification of sexual desire of users of oral hormonal contraceptives and intrauterine contraceptive devices. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care*, 8(3), 129–134. <https://doi.org/10.1080/ejc.8.3.129.134>
- Masters, W. & Johnson, V. (1970). *Human sexual inadequacy*. Little, Brown.
- Meadows, C. C., Gable, P. A., Lohse, K. R. & Miller, M. W. (2016). The effects of reward magnitude on reward processing: An averaged and single trial event-related potential study. *Biological Psychology*, 118, 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.06.002>
- Meston, C. M. & Buss, D. M. (2007). Why humans have sex. *Archives of Sexual Behavior*, 36(4), 477–507. <https://doi.org/10.1007/s10508-007-9175-2>
- Mestre-Bach, G., Blycker, G. R. & Potenza, M. N. (2022). Behavioral therapies for treating female sexual dysfunctions: A state-of-the-art review. *Journal of Clinical Medicine*, 11(10), Artikel 2794. <https://doi.org/10.3390/jcm11102794>
- Milani, S., Dawson, S. J. & Velten, J. (2021). Visual attention and sexual function in women. *Current Sexual Health Reports*, 13(3), 89–96. <https://doi.org/10.1007/s11930-021-00312-9>
- Mitchell, V. E. & Welling, L. L. M. (2020). Not all progestins are created equally: Considering unique progestins individually in psychobehavioral research. *Adaptive Human Behavior and Physiology*, 6(3), 381–412. <https://doi.org/10.1007/s40750-020-00137-1>
- Monciunskaitė, R., Malden, L., Lukštaite, I., Rukšėnas, O. & Grikšienė, R. (2019). Do oral contraceptives modulate an ERP response to affective pictures? *Biological Psychology*, 148, Artikel 107767. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.107767>
- Montesi, J. L., Conner, B. T., Gordon, E. A., Fauber, R. L., Kim, K. H. & Heimberg, R. G. (2013). On the relationship among social anxiety, intimacy, sexual communication, and sexual satisfaction in young couples. *Archives of Sexual Behavior*, 42(1), 81–91. <https://doi.org/10.1007/s10508-012-9929-3>
- Moura, C. V., Tavares, I. M. & Nobre, P. J. (2020). Cognitive-affective factors and female orgasm: A comparative study on women with and without orgasm difficulties. *The Journal of Sexual Medicine*, 17(11), 2220–2228. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2020.08.005>
- Muise, A., Boudreau, G. K. & Rosen, N. O. (2017). Seeking connection versus avoiding disappointment: An experimental manipulation of approach and avoidance sexual goals

- and the implications for desire and satisfaction. *The Journal of Sex Research*, 54(3), 296–307. <https://doi.org/10.1080/00224499.2016.1152455>
- Munk, A. J. L., Dickhaeuser, L., Breitingner, E., Hermann, A., Strahler, J., Schmidt, N. M. & Hennig, J. (2020). Females' menstrual cycle and incentive salience: Insights on neural reaction towards erotic pictures and effects of gonadal hormones. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*, 3, Artikel 100006. <https://doi.org/10.1016/j.cpnec.2020.100006>
- Munk, A. J. L., Schmidt, N. M. & Hennig, J. (2020). Motivational salience, impulsivity and testosterone in free cycling women: An ERP-study. *Personality and Individual Differences*, 160, Artikel 109902. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2020.109902>
- Munk, A. J. L., Zöller, A. C. & Hennig, J. (2018). Fluctuations of estradiol during women's menstrual cycle: Influences on reactivity towards erotic stimuli in the late positive potential. *Psychoneuroendocrinology*, 91, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.02.028>
- Nappi, R. E., Lete, I., Lee, L. K., Flores, N. M., Micheletti, M.-C. & Tang, B. (2018). Real-world experience of women using extended-cycle vs monthly-cycle combined oral contraception in the United States: the national health and wellness survey. *BMC Women's Health*, 18(22). <https://doi.org/10.1186/s12905-017-0508-6>
- Nasseri, P., Herrera, A. Y., Gillette, K., Faude, S., White, J. D., Velasco, R. & Mather, M. (2020). Hormonal contraceptive phases matter: Resting-state functional connectivity of emotion-processing regions under stress. *Neurobiology of Stress*, 13, Artikel 100276. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2020.100276>
- Noachtar, I. A., Frokjaer, V. G. & Pletzer, B. A. (2023). Mental health symptoms in oral contraceptive users during short-term hormone withdrawal. *JAMA Network Open*, 6(9), Artikel e2335957. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.35957>
- Noachtar, I. A., Hidalgo-Lopez, E. & Pletzer, B. A. (2022). Duration of oral contraceptive use relates to cognitive performance and brain activation in current and past users. *Frontiers in Endocrinology*, 13, Artikel 885617. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.885617>
- Nolet, K., Guay, J.-P. & Bergeron, S. (2021). Validation of the french-canadian version of the sexual inhibition and sexual excitation scales-short form (SIS/SES-SF): Associations with sexual functioning, sociosexual orientation, and sexual compulsivity. *Sexual Medicine*, 9(4), Artikel 100374. <https://doi.org/10.1016/j.esxm.2021.100374>
- Nolet, K., Larouche Wilson, A. & Rouleau, J.-L. (2017). Using the dual control model to understand problematic sexual behaviors in men. *Sexologies*, 26(4), e55-e58. <https://doi.org/10.1016/j.sexol.2017.09.001>
- Novick, A. M., Johnson, R. L., Lazorwitz, A., Belyavskaya, A., Berkowitz, L., Norton, A., Sammel, M. D. & Epperson, C. N. (2022). Discontinuation of hormonal contraception due to changes in mood and decreases in sexual desire: The role of adverse childhood experiences. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care*, 27(3), 212–220. <https://doi.org/10.1080/13625187.2022.2030702>
- Novick, A. M., Stoddard, J., Johnson, R. L., Duffy, K. A., Berkowitz, L., Costa, V. D., Sammel, M. D. & Epperson, C. N. (2023). Adverse childhood experiences and hormonal contraception: Interactive impact on sexual reward function. *PLOS ONE*, 18(1), Artikel e0279764. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279764>
- Oinonen, K. A. (2009). Putting a finger on potential predictors of oral contraceptive side effects: 2D:4D and middle-phalangeal hair. *Psychoneuroendocrinology*, 34(5), 713–726. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.11.009>
- Oliveira, L. de, Vignozzi, L., Giralardi, A., Varod, S., Corona, G. & Reisman, Y. (2024). What women want? The state of the art regarding the treatment of young women with hypoactive sexual desire disorder. *Pharmacology*, 109(2), 69–75. <https://doi.org/10.1159/000535587>
- Oppelt, P. G., Fahlbusch, C., Heusinger, K., Lotz, L., Dittrich, R. & Baier, F. (2018). Situation of adolescent contraceptive use in Germany. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde*, 78(10), 999–1007. <https://doi.org/10.1055/a-0684-9838>

- Palacios, S. & Lilue, M. (2018). Hormonal contraception and sexuality. *Current Sexual Health Reports*, 10(4), 345–352. <https://doi.org/10.1007/s11930-018-0181-2>
- Pastor, Z., Holla, K. & Chmel, R. (2013). The influence of combined oral contraceptives on female sexual desire: A systematic review. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care*, 18(1), 27–43. <https://doi.org/10.3109/13625187.2012.728643>
- Petersen, N., Touroutoglou, A., Andreano, J. M. & Cahill, L. (2015). Oral contraceptive pill use is associated with localized decreases in cortical thickness. *Human Brain Mapping*, 36(7), 2644–2654. <https://doi.org/10.1002/hbm.22797>
- Peterson, Z. D. & Janssen, E. (2007). Ambivalent affect and sexual response: The impact of co-occurring positive and negative emotions on subjective and physiological sexual responses to erotic stimuli. *Archives of Sexual Behavior*, 36(6), 793–807. <https://doi.org/10.1007/s10508-006-9145-0>
- Pfaus, J. G. (2007). Models of sexual motivation. In E. Janssen (Hrsg.), *The psychophysiology of sex* (S. 340–362). Indiana University Press.
- Pillerová, M., Borbélyová, V., Hodosy, J., Riljak, V., Renczés, E., Frick, K. M. & Tóthová, L. (2021). On the role of sex steroids in biological functions by classical and non-classical pathways. An update. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 62, Artikel 100926. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2021.100926>
- Pillsworth, E. G., Haselton, M. G. & Buss, D. M. (2004). Ovulatory shifts in female sexual desire. *The Journal of Sex Research*, 41(1), 55–65. <https://doi.org/10.1080/00224490409552213>
- Pinxten, W. & Lievens, J. (2015). An exploratory study of factors associated with sexual inhibition and excitation: Findings from a representative survey in Flanders. *The Journal of Sex Research*, 52(6), 679–689. <https://doi.org/10.1080/00224499.2014.882880>
- Pletzer, B. A., Harris, T. & Hidalgo-Lopez, E. (2019). Previous contraceptive treatment relates to grey matter volumes in the hippocampus and basal ganglia. *Scientific Reports*, 9(1), Artikel 11003. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47446-4>
- Pletzer, B. A., Kronbichler, M. & Kerschbaum, H. (2015). Differential effects of androgenic and anti-androgenic progestins on fusiform and frontal gray matter volume and face recognition performance. *Brain Research*, 1596, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.11.025>
- Pletzer, B. A., Lang, C., Derntl, B. & Grikšienė, R. (2022). Weak associations between personality and contraceptive choice. *Frontiers in Neuroscience*, 16, Artikel 898487. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.898487>
- Pletzer, B. A., Noachtar, I. A. & Hidalgo-Lopez, E. (2023). Hormonal contraception & face processing: Examining face gender, androgenicity & treatment duration. *Psychoneuroendocrinology*, 154, Artikel 106292. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106292>
- Pletzer, B. A., Winkler-Crepaz, K. & Hillerer, K. M. (2023). Progesterone and contraceptive progestin actions on the brain: A systematic review of animal studies and comparison to human neuroimaging studies. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 69(2), Artikel 101060. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2023.101060>
- Pluchino, N., Luisi, M., Lenzi, E., Centofanti, M., Begliuomini, S., Freschi, L., Ninni, F. & Genazzani, A. R. (2006). Progesterone and progestins: effects on brain, allopregnanolone and beta-endorphin. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 102(1-5), 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2006.09.023>
- Poels, S., Bloemers, J., van Rooij, K., Koppeschaar, H., Olivier, B. & Tuiten, A. (2014). Two novel combined drug treatments for women with hypoactive sexual desire disorder. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, 121, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2014.02.002>
- Pope, C. J., Oinonen, K. A., Mazmanian, D. & Stone, S. (2017). The hormonal sensitivity hypothesis: A review and new findings. *Medical Hypotheses*, 102, 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.03.012>

- Porcu, P., Serra, M. & Concas, A. (2019). The brain as a target of hormonal contraceptives: Evidence from animal studies. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 55, Artikel 100799. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2019.100799>
- Prause, N. & Harenski, C. (2014). Inhibition, lack of excitation or suppression: fMRI pilot of asexuality. In K. J. Cerankowski & M. Milks (Hrsg.), *Asexualities*. Routledge.
- Prause, N., Janssen, E. & Hetrick, W. P. (2008). Attention and emotional responses to sexual stimuli and their relationship to sexual desire. *Archives of Sexual Behavior*, 37(6), 934–949. <https://doi.org/10.1007/s10508-007-9236-6>
- Prause, N., Steele, V. R., Staley, C. & Sabatinelli, D. (2015). Late positive potential to explicit sexual images associated with the number of sexual intercourse partners. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(1), 93–100. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu024>
- Quan, S., Wang, Z. & Liu, Y. (2020). The emotional Stroop effect is modulated by the biological salience and motivational intensity inherent in stimuli. *Frontiers in Psychology*, 10, Artikel 3023. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03023>
- Quinta Gomes, A. L., Janssen, E., Adaikan, G. & Nobre, P. J. (2022). Sexual inhibition and sexual excitation profiles in men with and without erectile disorder. *Urology*, 161, 71–75. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2021.12.004>
- Quinta Gomes, A. L., Janssen, E., Santos-Iglesias, P., Pinto-Gouveia, J., Fonseca, L. M. & Nobre, P. J. (2018). Validation of the sexual inhibition and sexual excitation scales (SIS/SES) in Portugal: Assessing gender differences and predictors of sexual functioning. *Archives of Sexual Behavior*, 47(6), 1721–1732. <https://doi.org/10.1007/s10508-017-1137-8>
- Radke, S. & Derntl, B. (2016). Affective responsiveness is influenced by intake of oral contraceptives. *European Neuropsychopharmacology*, 26(6), 1014–1019. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2016.03.004>
- Rapkin, A. J., Morgan, M., Sogliano, C., Biggio, G. & Concas, A. (2006). Decreased neuroactive steroids induced by combined oral contraceptive pills are not associated with mood changes. *Fertility and Sterility*, 85(5), 1371–1378. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2005.10.031>
- Rausch, D. & Rettenberger, M. (2021). Predictors of sexual satisfaction in women: A systematic review. *Sexual Medicine Reviews*, 9(3), 365–380. <https://doi.org/10.1016/j.sxmr.2021.01.001>
- Raymond, C., Marin, M.-F., Juster, R.-P., Leclaire, S., Bourdon, O., Cayer-Falardeau, S. & Lupien, S. J. (2019). Increased frequency of mind wandering in healthy women using oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology*, 101, 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.11.005>
- Rellini, A. H. & Meston, C. M. (2011). Sexual self-schemas, sexual dysfunction, and the sexual responses of women with a history of childhood sexual abuse. *Archives of Sexual Behavior*, 40(2), 351–362. <https://doi.org/10.1007/s10508-010-9694-0>
- Rettenberger, M., Klein, V. & Briken, P. (2016). The relationship between hypersexual behavior, sexual excitation, sexual inhibition, and personality traits. *Archives of Sexual Behavior*, 45(1), 219–233. <https://doi.org/10.1007/s10508-014-0399-7>
- Roberts, S. C., Little, A. C., Burriss, R. P., Cobey, K. D., Klapilová, K., Havlíček, J., Jones, B. C., DeBruine, L. M. & Petrie, M. (2014). Partner choice, relationship satisfaction, and oral contraception: The congruency hypothesis. *Psychological Science*, 25(7), 1497–1503. <https://doi.org/10.1177/0956797614532295>
- Rodriguez, L. A., Casey, E., Crossley, E., Williams, N. & Dhaher, Y. Y. (2024). The hormonal profile in women using combined monophasic oral contraceptive pills varies across the pill cycle: A temporal analysis of serum endogenous and exogenous hormones using liquid chromatography with tandem mass spectroscopy. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 327(1), E121-E133. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00418.2023>

- Römer, T. (2021). Hormonelle orale Kontrazeption – welches Präparat für welche Patientin? *Gynäkologische Endokrinologie*, 19(4), 259–267. <https://doi.org/10.1007/s10304-021-00412-8>
- Rosen, R. C., Brown, C., Heiman, J. R., Leiblum, S. R., Meston, C. M., Shabsigh, R., Ferguson, D. & D'Agostino, R. (2000). The female sexual function index (FSFI): A multidimensional self-report instrument for the assessment of female sexual function. *Journal of Sex & Marital Therapy*, 26(2), 191–208. <https://doi.org/10.1080/009262300278597>
- Rossetti, M. F., Cambiasso, M. J., Holschbach, M. A. & Cabrera, R. J. (2016). Oestrogens and progestagens: Synthesis and action in the brain. *Journal of Neuroendocrinology*, 28(7). <https://doi.org/10.1111/jne.12402>
- Rubin, J. D., Conley, T. D., Klein, V., Liu, J [Jie], Lehane, C. M. & Dammeyer, J. (2019). A cross-national examination of sexual desire: The roles of 'gendered cultural scripts' and 'sexual pleasure' in predicting heterosexual women's desire for sex. *Personality and Individual Differences*, 151, Artikel 109502. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.07.012>
- Rupp, H. A. & Wallen, K. (2007). Sex differences in viewing sexual stimuli: an eye-tracking study in men and women. *Hormones and Behavior*, 51(4), 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.01.008>
- Sanders, S. A., Graham, C. A., Bass, J. L. & Bancroft, J. (2001). A prospective study of the effects of oral contraceptives on sexuality and well-being and their relationship to discontinuation. *Contraception*, 64(1), 51–58. [https://doi.org/10.1016/S0010-7824\(01\)00218-9](https://doi.org/10.1016/S0010-7824(01)00218-9)
- Sanders, S. A., Graham, C. A. & Milhausen, R. R. (2008). Predicting sexual problems in women: The relevance of sexual excitation and sexual inhibition. *Archives of Sexual Behavior*, 37(2), 241–251. <https://doi.org/10.1007/s10508-007-9235-7>
- Schaumberg, M. A., Jenkins, D. G., Janse de Jonge, X. A. K., Emmerton, L. M. & Skinner, T. L. (2017). Three-step method for menstrual and oral contraceptive cycle verification. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(11), 965–969. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.013>
- Scheuringer, A., Lundin, C., Derntl, B., Pletzer, B. A. & Sundström Poromaa, I. (2020). Use of an estradiol-based combined oral contraceptives has no influence on attentional bias or depressive symptoms in healthy women. *Psychoneuroendocrinology*, 113, Artikel 104544. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.104544>
- Schmalenberger, K. M., Tauseef, H. A., Barone, J. C., Owens, S. A., Lieberman, L., Jarczok, M. N., Girdler, S. S., Kiesner, J., Ditzen, B. & Eisenlohr-Moul, T. A. (2021). How to study the menstrual cycle: Practical tools and recommendations. *Psychoneuroendocrinology*, 123, Artikel 104895. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.104895>
- Schmidt, N. M., Hennig, J. & Munk, A. J. L. (2022). Event-related potentials in women on the pill: Neural correlates of positive and erotic stimulus processing in oral contraceptive users. *Frontiers in Neuroscience*, 15, Artikel 798823. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.798823>
- Schmidt, N. M., Hennig, J. & Munk, A. J. L. (2024). Interplay between sexual excitation and inhibition: Impact on sexual function and neural correlates of erotic stimulus processing in women. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 18, Artikel 1386006. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2024.1386006>
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T. & Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, 37(2), 257–261. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3720257>
- Schupp, H. T., Flaisch, T., Stockburger, J. & Junghöfer, M. (2006). Emotion and attention: Event-related brain potential studies. *Progress in Brain Research*, 156, 31–51. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)56002-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)56002-9)
- Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I. & Hamm, A. O. (2003). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science*, 14(1), 7–13. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.01411>

- Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I. & Hamm, A. O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: An ERP analysis. *Psychophysiology*, 41(3), 441–449. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2004.00174.x>
- Schweizer-Schubert, S., Gordon, J. L., Eisenlohr-Moul, T. A., Meltzer-Brody, S., Schmalenberger, K. M., Slopian, R., Zietlow, A.-L., Ehler, U. & Ditzen, B. (2020). Steroid hormone sensitivity in reproductive mood disorders: On the role of the GABA_A receptor complex and stress during hormonal transitions. *Frontiers in Medicine*, 7, Artikel 479646. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.479646>
- Sennwald, V., Pool, E., Brosch, T., Delplanque, S., Bianchi-Demicheli, F. & Sander, D. (2016). Emotional attention for erotic stimuli: Cognitive and brain mechanisms. *The Journal of Comparative Neurology*, 524(8), 1668–1675. <https://doi.org/10.1002/cne.23859>
- Seok, J.-W. & Sohn, J.-H. (2018). Altered prefrontal and inferior parietal activity during a Stroop task in individuals with problematic hypersexual behavior. *Frontiers in Psychiatry*, 9, Artikel 460. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00460>
- Sescousse, G., Caldú, X., Segura, B. & Dreher, J.-C. (2013). Processing of primary and secondary rewards: A quantitative meta-analysis and review of human functional neuroimaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(4), 681–696. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.02.002>
- Shafir, R., Zucker, L. & Sheppes, G. (2018). Turning off hot feelings: Down-regulation of sexual desire using distraction and situation-focused reappraisal. *Biological Psychology*, 137, 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.07.007>
- Sharma, R., Fang, Z., Smith, A. & Ismail, N. (2020). Oral contraceptive use, especially during puberty, alters resting state functional connectivity. *Hormones and Behavior*, 126, Artikel 104849. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2020.104849>
- Sharma, R., Smith, S. A., Boukina, N., Dordari, A., Mistry, A., Taylor, B. C., Felix, N., Cameron, A., Fang, Z., Smith, A. & Ismail, N. (2020). Use of the birth control pill affects stress reactivity and brain structure and function. *Hormones and Behavior*, 124, Artikel 104783. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2020.104783>
- Silverstein, R. G., Brown, A.-C. H., Roth, H. D. & Britton, W. B. (2011). Effects of mindfulness training on body awareness to sexual stimuli: Implications for female sexual dysfunction. *Psychosomatic Medicine*, 73(9), 817–825. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e318234e628>
- Sitruk-Ware, R. & Nath, A. (2013). Characteristics and metabolic effects of estrogen and progestins contained in oral contraceptive pills. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 27(1), 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2012.09.004>
- Smith, N. K., Jozkowski, K. N. & Sanders, S. A. (2014). Hormonal contraception and female pain, orgasm and sexual pleasure. *The Journal of Sexual Medicine*, 11(2), 462–470. <https://doi.org/10.1111/jsm.12409>
- Stark, R., Klucken, T., Potenza, M. N., Brand, M. & Strahler, J. (2018). A current understanding of the behavioral neuroscience of compulsive sexual behavior disorder and problematic pornography use. *Current Behavioral Neuroscience Reports*, 5(4), 218–231. <https://doi.org/10.1007/s40473-018-0162-9>
- Stark, R., Markert, C., Kruse, O., Walter, B., Strahler, J. & Klein, S. (2022). Individual cortisol response to acute stress influences neural processing of sexual cues. *Journal of Behavioral Addictions*, 11(2), 506–519. <https://doi.org/10.1556/2006.2022.00037>
- Stoléru, S. & Mouras, H. (2007). Brain functional imaging studies of sexual desire and arousal in human males. In E. Janssen (Hrsg.), *The psychophysiology of sex* (S. 3–34). Indiana University Press.
- Strufaldi, R., Pompei, L. M., Steiner, M. L., Cunha, E. P., Ferreira, J. A. S., Peixoto, S. & Fernandes, C. E. (2010). Effects of two combined hormonal contraceptives with the same composition and different doses on female sexual function and plasma androgen levels. *Contraception*, 82(2), 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2010.02.016>
- Sulak, P. J. (2000). Hormone withdrawal symptoms in oral contraceptive users. *Obstetrics & Gynecology*, 95(2), 261–266. [https://doi.org/10.1016/S0029-7844\(99\)00524-4](https://doi.org/10.1016/S0029-7844(99)00524-4)

- Tavares, I. M., Moura, C. V. & Nobre, P. J. (2020). The role of cognitive processing factors in sexual function and dysfunction in women and men: A systematic review. *Sexual Medicine Reviews*, 8(3), 403–430. <https://doi.org/10.1016/j.sxmr.2020.03.002>
- Taylor, C. M., Furman, D. J., Berry, A. S., White, R. L., Jagust, W. J., D'Esposito, M. & Jacobs, E. G. (2023). Striatal dopamine synthesis and cognitive flexibility differ between hormonal contraceptive users and nonusers. *Cerebral Cortex*, 33(13), 8485–8495. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhad134>
- Taylor, C. M., Pritschet, L. & Jacobs, E. G. (2021). The scientific body of knowledge - whose body does it serve? A spotlight on oral contraceptives and women's health factors in neuroimaging. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 60, Artikel 100874. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2020.100874>
- Toates, F. (2009). An integrative theoretical framework for understanding sexual motivation, arousal, and behavior. *The Journal of Sex Research*, 46(2-3), 168–193. <https://doi.org/10.1080/00224490902747768>
- Turner, D., Wittekind, C. E., Briken, P., Fromberger, P., Moritz, S. & Rettenberger, M. (2019). Approach and avoidance biases toward sexual stimuli and their association with the dual control model of sexual response in heterosexual men. *Archives of Sexual Behavior*, 48(3), 867–880. <https://doi.org/10.1007/s10508-018-1289-1>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). *World family planning 2022: Meeting the changing needs for family planning: Contraceptive use by age and method*. UN DESA/POP/2022/TR/NO.4. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/documents/2023/Feb/undesa_pd_2022_world-family-planning.pdf
- Unterhorst, K., Gerwinn, H., Pohl, A., Kärgel, C., Massau, C., Ristow, I., Kneer, J., Amelung, T., Walter, H., Beier, K., Walter, M., Schiffer, B., Kruger, T. H. C., Stirn, A. & Ponseti, J. (2018). An exploratory study on the central nervous correlates of sexual excitation and sexual inhibition. *The Journal of Sex Research*, 57(3), 397–408. <https://doi.org/10.1080/00224499.2018.1539462>
- van Anders, S. M. (2012). Testosterone and sexual desire in healthy women and men. *Archives of Sexual Behavior*, 41(6), 1471–1484. <https://doi.org/10.1007/s10508-012-9946-2>
- van Heusden, A. & Fauser, B. C. J. M. (1999). Activity of the pituitary-ovarian axis in the pill-free interval during use of low-dose combined oral contraceptives. *Contraception*, 59(4), 237–243. [https://doi.org/10.1016/S0010-7824\(99\)00025-6](https://doi.org/10.1016/S0010-7824(99)00025-6)
- van Lankveld, J. J. D. M. & Smulders, F. T. Y. (2008). The effect of visual sexual content on the event-related potential. *Biological Psychology*, 79(2), 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.04.016>
- van Rooij, K., Poels, S., Bloemers, J., Goldstein, I., Gerritsen, J., van Ham, D., van Mameren, F., Chivers, M. L., Everaerd, W., Koppeschaar, H., Olivier, B. & Tuiten, A. (2013). Toward personalized sexual medicine (part 3): Testosterone combined with a serotonin1A receptor agonist increases sexual satisfaction in women with HSDD and FSAD, and dysfunctional activation of sexual inhibitory mechanisms. *The Journal of Sexual Medicine*, 10(3), 824–837. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2012.02982.x>
- van 't Hof, S. R. & Cera, N. (2021). Specific factors and methodological decisions influencing brain responses to sexual stimuli in women. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 131, 164–178. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.013>
- van Tuijl, P., Verboon, P. & van Lankveld, J. J. D. M. (2022). The relation of mood and sexual desire: An experience sampling perspective on the dual control model. *Archives of Sexual Behavior*, 51(8), 3871–3886. <https://doi.org/10.1007/s10508-022-02357-w>
- Varjonen, M., Santtila, P., Höglund, M., Jern, P., Johansson, A., Wager, I., Witting, K., Algars, M. & Sandnabba, N. K. (2007). Genetic and environmental effects on sexual excitation and sexual inhibition in men. *The Journal of Sex Research*, 44(4), 359–369. <https://doi.org/10.1080/00224490701578653>

- Vassilopoulos, S. P. (2005). Social anxiety and the vigilance-avoidance pattern of attentional processing. *Behavioural and Cognitive Psychotherapy*, 33(1), 13–24. <https://doi.org/10.1017/S1352465804001730>
- Velten, J. (2017). The dual control model of sexual response: Relevance of sexual excitation and sexual inhibition for sexual function. *Current Sexual Health Reports*, 9(2), 90–97. <https://doi.org/10.1007/s11930-017-0108-3>
- Velten, J., Milani, S., Margraf, J. & Brotto, L. A. (2021). Visual attention and sexual arousal in women with and without sexual dysfunction. *Behaviour Research and Therapy*, 144, Artikel 103915. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2021.103915>
- Velten, J., Scholten, S., Graham, C. A., Adolph, D. & Margraf, J. (2016). Investigating female sexual concordance: Do sexual excitation and sexual inhibition moderate the agreement of genital and subjective sexual arousal in women? *Archives of Sexual Behavior*, 45(8), 1957–1971. <https://doi.org/10.1007/s10508-016-0774-7>
- Velten, J., Scholten, S., Graham, C. A. & Margraf, J. (2016a). Psychometric properties of the sexual excitation/sexual inhibition inventory for women in a German sample. *Archives of Sexual Behavior*, 45(2), 303–314. <https://doi.org/10.1007/s10508-015-0547-8>
- Velten, J., Scholten, S., Graham, C. A. & Margraf, J. (2016b). Unprotected intercourse and one-night stands: Impact of sexual excitation, sexual inhibition, and atypical sexual arousal patterns on risky sexual behaviors in women. *The Journal of Sexual Medicine*, 13(3), 361–373. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2015.12.027>
- Velten, J., Scholten, S., Graham, C. A. & Margraf, J. (2017). Sexual excitation and sexual inhibition as predictors of sexual function in women: A cross-sectional and longitudinal study. *Journal of Sex & Marital Therapy*, 43(2), 95–109. <https://doi.org/10.1080/0092623X.2015.1115792>
- Velten, J., Zahler, L., Scholten, S. & Margraf, J. (2019). Temporal stability of sexual excitation and sexual inhibition in women. *Archives of Sexual Behavior*, 48(3), 881–889. <https://doi.org/10.1007/s10508-018-1323-3>
- Wåhlin-Jacobsen, S., Flanagan, J. N., Pedersen, A. T., Kristensen, E., Arver, S. & Giraldi, A. (2018). Androgen receptor polymorphism and female sexual function and desire. *The Journal of Sexual Medicine*, 15(11), 1537–1546. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2018.09.013>
- Wallwiener, C. W., Wallwiener, L.-M., Seeger, H., Mück, A. O., Bitzer, J. & Wallwiener, M. (2010). Prevalence of sexual dysfunction and impact of contraception in female German medical students. *The Journal of Sexual Medicine*, 7(6), 2139–2148. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2010.01742.x>
- Webber, H. E., Dios, C. de, Kessler, D. A., Schmitz, J. M., Lane, S. D. & Suchting, R. (2022). Late positive potential as a candidate biomarker of motivational relevance in substance use: Evidence from a meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 141, Artikel 104835. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104835>
- Wehrum-Osinsky, S., Klucken, T., Kagerer, S., Walter, B., Hermann, A. & Stark, R. (2014). At the second glance: Stability of neural responses toward visual sexual stimuli. *The Journal of Sexual Medicine*, 11, 2720–2737. <https://doi.org/10.1111/jsm.12653>
- Weinberg, A. & Hajcak, G. (2010). Beyond good and evil: The time-course of neural activity elicited by specific picture content. *Emotion*, 10(6), 767–782. <https://doi.org/10.1037/a0020242>
- Weltgesundheitsorganisation. (2006). *Defining sexual health. Report of a technical consultation on sexual health, 28-31 January 2002, Geneva.* <https://www.cesas.lu/perch/resources/whodefiningsexualhealth.pdf>
- Weltgesundheitsorganisation. (2015). *Sexual health, human rights and the law.* https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/175556/9789241564984_eng.pdf?sequence=1
- WHO-Regionalbüro für Europa und BZgA. (2011). *Standards für die Sexuaufklärung in Europa: Rahmenkonzept für politische Entscheidungsträger, Bildungseinrichtungen, Gesundheitsbehörden, Expertinnen und Experten.* https://www.bzga-whocc.de/fileadmin/user_upload/BZgA_Standards_German.pdf

- Wideman, L., Montgomery, M. M., Levine, B. J., Beynon, B. D. & Shultz, S. J. (2013). Accuracy of calendar-based methods for assigning menstrual cycle phase in women. *Sports health*, 5(2), 143–149. <https://doi.org/10.1177/1941738112469930>
- Wiebe, E. R., Brotto, L. A. & MacKay, J. (2011). Characteristics of women who experience mood and sexual side effects with use of hormonal contraception. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, 33(12), 1234–1240. [https://doi.org/10.1016/S1701-2163\(16\)35108-8](https://doi.org/10.1016/S1701-2163(16)35108-8)
- Wiegel, M., Scepkowski, L. A. & Barlow, D. H. (2007). Cognitive-affective processes in sexual arousal and sexual dysfunction. In E. Janssen (Hrsg.), *The psychophysiology of sex* (S. 143–165). Indiana University Press.
- Wiegatz, I. (2024). Hormonale Kontrazeption. In T. Strowitzki & O. Ortmann (Hrsg.), *Klinische Endokrinologie für Frauenärzte*. Springer.
- Wiegatz, I., Kutschera, E., Lee, J. H., Moore, C., Mellinger, U., Winkler, U. H. & Kuhl, H. (2003). Effect of four different oral contraceptives on various sex hormones and serum-binding globulins. *Contraception*, 67(1), 25–32. [https://doi.org/10.1016/S0010-7824\(02\)00436-5](https://doi.org/10.1016/S0010-7824(02)00436-5)
- Wierman, M. E., Nappi, R. E., Avis, N., Davis, S. R., Labrie, F., Rosner, W. & Shifren, J. L. (2010). Endocrine aspects of women's sexual function. *The Journal of Sexual Medicine*, 7(1 Pt 2), 561–585. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2009.01629.x>
- Zareian, B., Anderl, C., LeMoult, J., Galea, L. A. M., Prior, J. C., Rights, J. D., Ross, C. J., Ge, S., Hayward, A. C. & Chen, F. S. (2022). Assessing the role of adolescent hormonal contraceptive use on risk for depression: A 3-year longitudinal study protocol. *BMC Women's Health*, 22(1), Artikel 48. <https://doi.org/10.1186/s12905-022-01623-2>
- Zelionkaitė, I., Gaižauskaitė, R., Uusberg, H., Uusberg, A., Ambrasė, A., Derntl, B. & Griškienė, R. (2024). The levonorgestrel-releasing intrauterine device is related to early emotional reactivity: An ERP study. *Psychoneuroendocrinology*, 162, Artikel 106954. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106954>
- Zethraeus, N., Dreber, A., Ranehill, E., Blomberg, L., Labrie, F., Schoultz, B. von, Johannesson, M. & Hirschberg, A. L. (2016). Combined oral contraceptives and sexual function in women—a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 101(11), 4046–4053. <https://doi.org/10.1210/jc.2016-2032>
- Zethraeus, N., Dreber, A., Ranehill, E., Blomberg, L., Labrie, F., Schoultz, B. von, Johannesson, M. & Hirschberg, A. L. (2017). A first-choice combined oral contraceptive influences general well-being in healthy women: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Fertility and Sterility*, 107(5), 1238–1245. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2017.02.120>
- Ziogas, A., Habermeyer, E., Santtila, P., Poepl, T. B. & Mokros, A. (2023). Neuroelectric correlates of human sexuality: A review and meta-analysis. *Archives of Sexual Behavior*, 52(2), 497–596. <https://doi.org/10.1007/s10508-019-01547-3>

7 Publikationsverzeichnis

7.1 Arbeiten im Rahmen des Dissertationsprojekts

- **Publikation 1: Schmidt, N. M.**, Hennig, J. & Munk, A. J. L. (2022). Event-related potentials in women on the pill: Neural correlates of positive and erotic stimulus processing in oral contraceptive users. *Frontiers in Neuroscience*, 15, Artikel 798823. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.798823>
- **Publikation 2: Schmidt, N. M.**, Hennig, J. & Munk, A. J. L. (2024). Interplay between sexual excitation and inhibition: Impact on sexual function and neural correlates of erotic stimulus processing in women. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 18, Artikel 1386006. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2024.1386006>

7.2 Weitere Publikationen

- Munk, A. J. L., **Schmidt, N. M.** & Hennig, J. (2020). Motivational salience, impulsivity and testosterone in free cycling women: An ERP-Study. *Personality and Individual Differences*, 160, Artikel 109902. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2020.109902>
- Strahler, J., Hermann, A., **Schmidt, N. M.**, Stark, R., Hennig, J. & Munk, A. J. L. (2020). Food cue-elicited brain potentials change throughout menstrual cycle: Modulation by eating styles, negative affect, and premenstrual complaints. *Hormones and behavior*, 124, Artikel 104811. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2020.104811>
- Munk, A. J. L., Dickhaeuser, L., Breiting, E., Hermann, A., Strahler, J., **Schmidt, N. M.** & Hennig, J. (2020). Females' menstrual cycle and incentive salience: Insights on neural reaction towards erotic pictures and effects of gonadal hormones. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*, 3, Artikel 100006. <https://doi.org/10.1016/j.cpniec.2020.100006>
- Munk, A. J. L., **Schmidt, N. M.**, Alexander, N., Henkel, K. & Hennig, J. (2020). Covid-19 – beyond virology: Potentials for maintaining mental health during lockdown. *PLOS ONE*, 15(8), Artikel e0236688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236688>
- Geißert, L., **Schmidt, N. M.**, Henkel, K., Luxem, A. & Hennig, J. (2022). Dopamine and oxytocin and their relevance for attachment: A gene x gene interaction study. *Personality and Individual Differences*, 196, Artikel 111752. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2022.111752>

8 Anhang

8.1 Publikation 1

Schmidt, N. M., Hennig, J. & Munk, A. J. L. (2022). Event-related potentials in women on the pill: Neural correlates of positive and erotic stimulus processing in oral contraceptive users. *Frontiers in Neuroscience*, 15, Artikel 798823. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.798823>



Event-Related Potentials in Women on the Pill: Neural Correlates of Positive and Erotic Stimulus Processing in Oral Contraceptive Users

Norina M. Schmidt*, Juergen Hennig and Aisha J. L. Munk

Department of Differential and Biological Psychology, University of Giessen, Giessen, Germany

OPEN ACCESS

Edited by:

Birgit Derntl,
University of Tübingen, Germany

Reviewed by:

Ramune Griksiene,
Vilnius University, Lithuania
Silvia Solis-Ortiz,
University of Guanajuato, Mexico

*Correspondence:

Norina M. Schmidt
Norina.M.Schmidt@psychol.uni-
giessen.de

Specialty section:

This article was submitted to
Neuroendocrine Science,
a section of the journal
Frontiers in Neuroscience

Received: 20 October 2021

Accepted: 09 December 2021

Published: 04 January 2022

Citation:

Schmidt NM, Hennig J and
Munk AJL (2022) Event-Related
Potentials in Women on the Pill:
Neural Correlates of Positive
and Erotic Stimulus Processing in Oral
Contraceptive Users.
Front. Neurosci. 15:798823.
doi: 10.3389/fnins.2021.798823

Background/Aims: Exposure toward positive emotional cues with – and without – reproductive significance plays a crucial role in daily life and regarding well-being as well as mental health. While possible adverse effects of oral contraceptive (OC) use on female mental and sexual health are widely discussed, neural processing of positive emotional stimuli has not been systematically investigated in association with OC use. Considering reported effects on mood, well-being and sexual function, and proposed associations with depression, it was hypothesized that OC users showed reduced neural reactivity toward positive and erotic emotional stimuli during early as well as later stages of emotional processing and also rated these stimuli as less pleasant and less arousing compared to naturally cycling (NC) women.

Method: Sixty-two female subjects (29 NC and 33 OC) were assessed at three time points across the natural menstrual cycle and corresponding time points of the OC regimen. Early (early posterior negativity, EPN) and late (late positive potential, LPP) event-related potentials in reaction to positive, erotic and neutral stimuli were collected during an Emotional Picture Stroop Paradigm (EPSP). At each appointment, subjects provided saliva samples for analysis of gonadal steroid concentration. Valence and arousal ratings were collected at the last appointment.

Results: Oral contraceptive users had significantly lower endogenous estradiol and progesterone concentrations compared to NC women. No significant group differences in either subjective stimulus evaluations or neural reactivity toward positive and erotic emotional stimuli were observed. For the OC group, LPP amplitudes in reaction to erotic vs. neutral pictures differed significantly between measurement times across the OC regimen.

Discussion: In this study, no evidence regarding alterations of neural reactivity toward positive and erotic stimuli in OC users compared to NC was found. Possible confounding factors and lines for future research are elaborated and discussed.

Keywords: oral contraceptives (OCs), event-related potentials (ERP), neural reactivity, emotional processing, early posterior negativity (EPN), late positive potential (LPP), gonadal steroids, subjective stimulus evaluations

INTRODUCTION

The majority of previous research regarding effects of oral contraception (OC) has been focusing on its physiological aspects (Frye, 2006) and side effects like cancer risk (Gierisch et al., 2013), or thromboembolic events (Oedingen et al., 2018). Psychophysiological aspects of OC use have been studied less systematically (Pletzer and Kerschbaum, 2014). OCs might, however, be shaping mind and behavior via their influence on the endocrine as well as the central nervous system. So called combined OCs (COCs) are the most commonly used ones and contain 20–35 µg ethinyl-estradiol (EE) and varying progestin components (Dhont, 2010; Liang et al., 2012). These synthetic steroids unfold negative feedback effects on the hypothalamus-pituitary-gonadal (HPG-) axis. During intake they consequently reduce serum levels and cyclical fluctuations of neurosteroid precursors (i.e., progesterone, pregnenolone, EE, and testosterone) as well as neurosteroids (i.e., allopregnanolone and allotetrahydrodeoxycorticosterone) (Rapkin et al., 2006; Zimmerman et al., 2014). Levels of endogenous gonadal steroids also stay suppressed during the 7 days OC break, even though some residual ovarian activity can occur (van Heusden and Fauser, 1999). Neurosteroids impact activity as well as organization of the nervous system due to their influence on synaptic transmission, myelination, apoptosis, and dendritic spine plasticity via genomic and non-genomic pathways (Del Río et al., 2018). Accordingly, neuroanatomical alterations regarding gray and white matter density and/or volume have been reported in OC users – typically in areas of the limbic system (Brønnick et al., 2020; Taylor et al., 2021) which is known for its key role in emotional processing (Frühholz et al., 2014). Using structural magnetic resonance imaging (MRI) data, Hertel et al. (2017) observed lower hippocampal volume and hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA-) axis alterations (i.e., elevated baseline cortisol levels) consistent with chronic stress in OC users. Lisofsky et al. (2016) reported reduced gray matter volume in OC users' left amygdala and anterior parahippocampal gyrus. In contrast, Sharma et al. (2020b) reported greater white matter volume in OC users' right amygdala, left parahippocampal gyrus and left hippocampus while not observing any gray matter differences in these regions. Regarding brain connectivity, Petersen et al. (2014, 2015) reported reduced cortical thickness in parts of the default and salience network in OC users and altered resting state functional connectivity in the default and executive control network, which are involved in reward processing and evaluation of internal and external stimuli. Correspondingly, differences between OC users and naturally cycling (NC) women have been reported in a variety of psychophysiological functions, including stress responsivity, fear conditioning, cognition and socio-emotional behaviors such as emotional processing (Warren et al., 2014; Montoya and Bos, 2017; Lewis et al., 2019).

Due to previously reported associations of OC use and depression (Skovlund et al., 2017; Wit et al., 2020) as well as a reduction of general well-being and its subdomains positive well-being, self-control and vitality (Zethraeus et al., 2017), most of the existing neuropsychological OC research has been investigating processing of negative stimuli (Brønnick et al., 2020), or adverse

mood effects (Schaffir et al., 2016). Using functional magnetic resonance imaging (fMRI), Petersen and Cahill (2015) reported reduced bilateral amygdala reactivity toward negative visual stimuli in OC users. Gingnell et al. (2013) additionally collected daily symptom ratings and observed lower emotional reactivity toward negative facial expressions in OC users in the left insula, left middle frontal gyrus and the bilateral inferior frontal gyri along adverse mood effects such as depressed mood, mood swings and fatigue after one cycle of OC treatment in a placebo controlled, double-blind randomized controlled trial (RCT) (Gingnell et al., 2013). While the authors studied women who had previously experienced negative mood symptoms during OC intake (Gingnell et al., 2013), results on general mood effects of OC use are still inconclusive (Schaffir et al., 2016). Some studies report mood worsening – especially during the hormone-free phase (Lundin et al., 2017). Others indicate beneficial effects including mood improvement, higher mood stability and a decrease in negative premenstrual affect (Oinonen and Mazmanian, 2002; Jarva and Oinonen, 2007; Hamstra et al., 2017). In contrast, positive emotional states and processing of positive stimuli under OC use are examined only very rarely. These factors are, however, highly relevant for well-being and mental health (Alexander et al., 2021). Regarding depression, numerous studies reported a reduction of positive affect (Gençöz, 2002; Wichers et al., 2007; Horner et al., 2014) and stressed the importance of targeting low positive affect specifically in anti-depressive treatments (Nutt et al., 2007; Werner-Seidler et al., 2013; Jonge et al., 2017). Depressive subjects also show reduced neural reactivity toward positive emotional stimuli which might explain the occurrence of depressive symptoms, such as loss of interest and anhedonia (Shestiyuk et al., 2005; Epstein et al., 2006). In one of the few studies on this topic regarding OC use, Jarva and Oinonen (2007) observed blunted self-reported emotional reactivity following positive mood inductions while emotional reactivity following negative mood inductions was unchanged. The authors argued that OC's mood stabilizing effect, accompanied by reduced positive emotional reactivity, might resemble depressive states reported by some users. Further research in this field is highly necessary, especially since perceived adverse influences of OCs on mental health are a common reason for discontinuation of their use (Sanders et al., 2001). The same is true for deteriorations in *female sexual function* (Sanders et al., 2001) which refers to the entirety of psychological and physiological aspects of the female sexual response (Basson, 2008). Some authors argue that OCs should have positive effects on female sexuality as their conception-suppressing effect ensures greater sexual freedom and reduces pregnancy-related anxieties during sexual intercourse (Burrows et al., 2012). Others have reported lower female sexual function scores in users of oral vs. other forms of contraception (Wallwiener et al., 2010, 2015), or reduced scores in its subdomains including arousal, pleasure, orgasm and lubrication (Smith et al., 2014). Results are so far inconclusive and differ greatly with respect to study design (Davis and Castaño, 2004; Pastor et al., 2013). Still, RCTs and meta-analytic reviews suggest that the female sexual function subdomain *desire* might be affected by OC use (Zethraeus et al., 2016; Huang et al., 2020). Altered processing of erotic stimuli

has been reported in females suffering from hyposexual desire disorder (Bianchi-Demicheli et al., 2011; Woodard et al., 2013). Regarding OC use, Abler et al. (2013) compared different stages of erotic stimulus processing in 12 OC users and 12 NC women. They reported reduced brain activity during anticipation of erotic stimuli. During viewing of erotic pictures and videos, no consistent significant differences were observed between both groups. OC and NC subjects did also not differ in arousal ratings of erotic stimuli. While this is – to be best of our knowledge – the only study that explicitly compared erotic stimulus processing in NC and OC women, erotic stimulus processing has more often been examined in association with the natural menstrual cycle (MC) using fMRI (Gizewski et al., 2006; Zhu et al., 2010) as well as event-related potential (ERP) techniques (Krug et al., 2000; Munk et al., 2018, 2020).

The use of ERPs has important advantages because their high temporal resolution allows to assess immediate vs. prolonged neural reactions associated with attending to and processing of motivationally salient stimuli (Brown et al., 2013). Compared to commonly conducted (f)MRI investigations, ERP studies also have fewer exclusion criteria (e.g., dental braces, retainers, bone plates and screws, implants) (McLoughlin et al., 2014) allowing greater and more integrative samples. In neuroendocrine research, which is already characterized by numerous exclusion criteria (i.e., absence of any physical or psychological illness, no medication intake, regular menstrual cycles), this is a huge benefit regarding representativeness and generalizability of results. Most ERP studies regarding MC effects focused on the late positive potential (LPP) – an ERP component most prominent on centro-parietal electrode sites. It starts around 400 ms after stimulus onset and can last for several hundred ms. The LPP is sensitive to emotional content with typically higher amplitudes toward emotional vs. neutral stimuli (Schupp et al., 2004, 2006; Hajcak and Olvet, 2008). It is therefore suggested to reflect prolonged and facilitated attention toward motivationally salient emotional stimuli and their processing (Foti et al., 2009; Hajcak et al., 2012). Regarding the MC, Krug et al. (2000) observed higher LPP amplitudes toward erotic pictures around ovulation when these stimuli are highly relevant for fertility and reproduction. Similarly, Munk et al. (2018, 2020) reported that LPP amplitudes toward erotic vs. neutral stimuli were associated with estradiol concentration which typically peaks during ovulation. As OCs suppress ovulation and inhibit conception, they might also reduce motivational salience of erotic stimuli. Furthermore, the LPP has been associated with activity of the dopaminergic reward system (Cuthbert et al., 2000; Munk et al., 2016). Activity of this system is modulated by estradiol and testosterone, both of which are downregulated by OC intake (Rapkin et al., 2006; Zimmerman et al., 2014; Montoya and Bos, 2017). Recently, another ERP component has been suggested to be especially sensitive to erotic content – the early posterior negativity (EPN) (Frank and Sabatinelli, 2019; Farkas et al., 2020). The EPN is defined as a relative negativity at temporo-occipital electrode sites that is also sensitive to emotional content but occurs earlier than the LPP at approximately 150–300 ms after stimulus onset (Schupp et al., 2004, 2006; Hajcak et al., 2012). It is therefore associated with earlier and broader stimulus distinction

compared to the LPP (Weinberg and Hajcak, 2010; Farkas et al., 2020). To the best of our knowledge, no study so far assessed the EPN in association with MC or OC effects. However, gender differences have been observed with reduced EPN modulation in women vs. men (Weinberg and Hajcak, 2010), indicating some involvement of sex steroids. Furthermore, Farkas et al. (2020) observed greater EPN negativity in reaction to erotic and nudist scenes compared to other pleasant and unpleasant visual stimuli and interpreted this as a marker of heightened attention for sexual opportunities – a process that might be modulated by OC use.

To differentiate between earlier vs. later stages of emotional processing might be relevant in association with OC use, as a recent ERP study provided initial evidence for differential effects of OC use at different processing stages (Monciunskaitė et al., 2019). In this only ERP study on the effects of OCs to date, the authors used a passive viewing task to examine processing of (highly) unpleasant and pleasant (i.e., erotic) as well as neutral social visual stimuli derived from the International Affective Picture System (IAPS). Monciunskaitė et al. (2019) reported significantly lower LPP amplitudes and global field power (GFP) in OC users compared to NC subjects in reaction to all picture categories. When comparing emotional-neutral difference scores in the LPP, however, the only significant finding was an attenuated unpleasant-neutral difference in OC users. Furthermore, OC users showed higher GFP (trend level) and significantly higher parieto-occipital activity compared to NC women in an earlier time window (<350 ms), pointing toward differential effects of OC use on early vs. later stages of emotional processing (Monciunskaitė et al., 2019). An effect of emotion regulation strategies such as reappraisal on neural reactivity was discussed, yet, no subjective stimulus evaluations were assessed to support this hypothesis (Monciunskaitė et al., 2019). Previous results on subjective stimulus evaluations in OC users have revealed inconsistent results. Whereas some studies reported no differences regarding positive, neutral, negative (Armbruster et al., 2017) nor erotic (Abler et al., 2013) stimuli, others reported higher valence ratings in reaction to emotional- and lower arousal ratings in reaction to neutral stimuli in users of different forms of hormonal contraceptives (HCs) (Spalek et al., 2019).

Another important limitation of Monciunskaitė et al.'s (2019) – and also other studies on OC use – is that OC users were assessed only once, namely during the active period of the OC regimen. Yet, most adverse effects of OC use are being reported during the 7 days break (Sulak, 2000; Kelly et al., 2010). Studies that included measurements during the OC free week reported differences in brain connectivity and emotional processing between active and OC free periods. Nasseri et al. (2020) noticed higher amygdala-ventromedial prefrontal cortex (vmPFC) coupling in the left hemisphere after stress exposure during the active vs. OC free period and interpreted this in terms of better emotion regulation abilities during OC intake. Similarly, Radke and Derntl (2016) reported higher accuracy in an affective responsiveness task during the active vs. OC free period of the regimen. As Herrera et al. (2020) point out, consideration of OC regimen is also important to disentangle effects associated with either high exogenous hormone intake or reduced endogenous hormone production.

Therefore, the current study examined early vs. prolonged stages of positive and erotic stimulus processing in OC users across different time points of the OC regimen. A within-subjects repeated-measurements design was chosen in order to overcome limitations of frequently used between-subjects designs, in which groups of women in different phases of the OC regimen/MC have been compared. The most important aim was to elucidate overall differences between OC using and NC women as well as OC regimen – rather than MC related – effects on emotional processing.

Regarding subjective stimulus evaluations as well as neural reactivity toward emotional stimuli, following hypotheses were investigated:

- (1) Higher valence and arousal ratings as well as EPN modulation and LPP amplitudes in reaction to emotional vs. neutral stimuli (Manipulation Check).
- (2) Lower valence and arousal ratings as well as EPN modulation and LPP amplitudes in OC users.
- (3) A modulation of ERPs by OC regimen period (active vs. OC free).

MATERIALS AND METHODS

Participants

Women were recruited at the University of Giessen via circular emails and flyers and screened for fulfillment of inclusion criteria using a telephone-based interview, which was conducted after subjects were found eligible using a self-designed online screening questionnaire. Inclusion criteria were: age between 18 and 35 years, nulliparous, absence of any physical or psychological illness, no intake of medication or drugs (incl. tobacco) influencing the central nervous- or endocrine system, right-handedness, body-mass index (BMI) $\geq 18 \leq 26$ kg/m² and normal or corrected-to-normal vision. Parous women were excluded as several studies indicate endocrine differences between nulliparous and parous women (e.g., Bernstein et al., 1985; Hill et al., 1986; Musey et al., 1987; Barrett et al., 2014). Left-handed subjects were excluded to avoid lateralization effects (Sainburg, 2014). 87 native German-speaking females started participation in the study. Testing could not be completed with 21 women ($N = 15$: contact restrictions during the coronavirus pandemic; $N = 3$: no detectable ovulation, $N = 3$: difficulties with scheduling), leaving a sample of 66 (30 NC and 36 OC) women. NC women reported a regular MC duration of 26–30 days (mean \pm SD: 27.97 ± 1.22). 22 (73%) stated to have previously used hormonal contraceptives. While a hormone-free interval of at least 6 months was required for participation, mean time since discontinuation was 49.14 months ($SD = 30.99$, range: 7–177 months). The OC group consisted of women using combined monophasic OCs with an EE-dosage <50 μ g for at least 6 months. An OC regimen of 21/7 (21 days OCs and 7 days OC free) was required for participation. Mean duration of OC intake was 58.18 months ($SD = 31.12$). 25 subjects used OCs that contained androgenic progestins; eleven subjects used OCs containing anti-androgenic progestins. Androgenicity of

progestin components was classified according to Wiegatz and Thaler (2011). One subject in the OC group was excluded from all further analyses as she reported – after completion of the study – that she was using an OC (“Zoely”) which contains estradiol instead of EE and is taken in a 24/4 regimen. An overview of EE-dosages and progestin components can be found in the **Supplementary Material**.

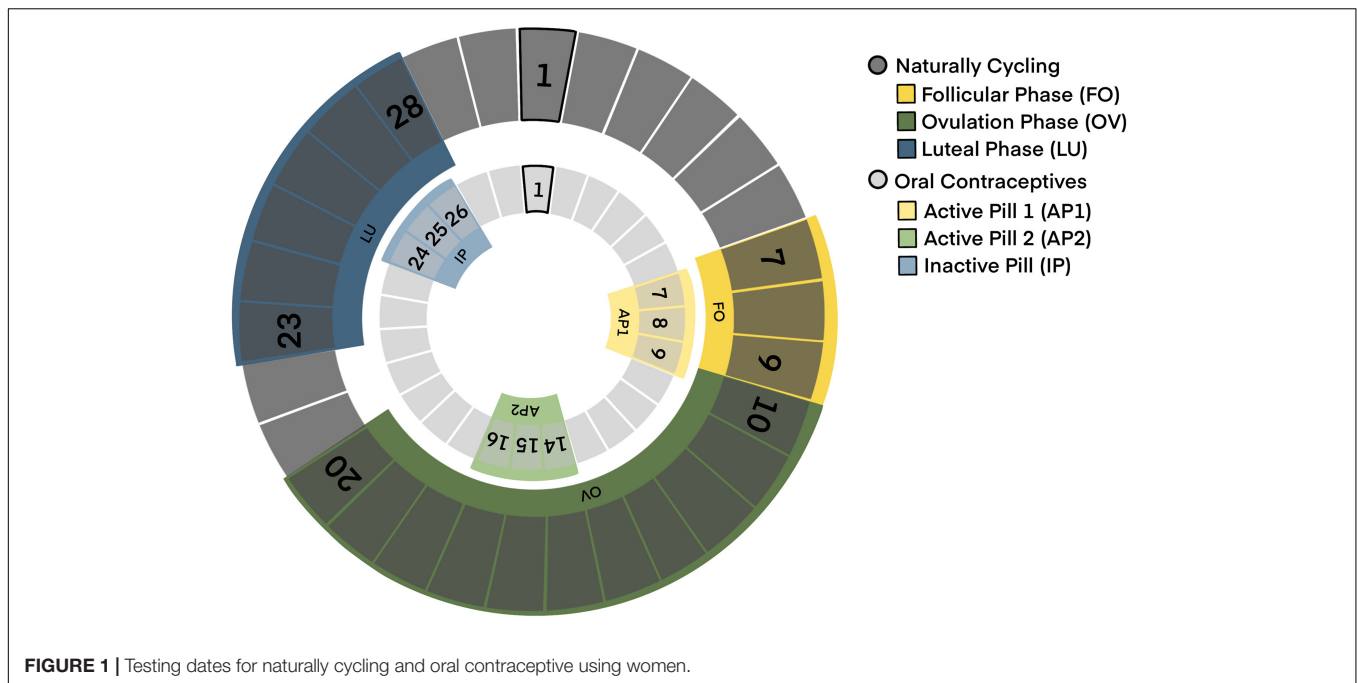
Subjects participated in exchange for a monetary compensation of 10€/h or research participation credit. Written informed consent was obtained. The study was conducted in accordance with the declaration of Helsinki and was approved by the local ethics committee of the University of Giessen, Department of Psychology (application number: 2018-0022).

Study Design

This study was conducted as a counter-balanced repeated-measurements design. Each woman attended three testing sessions across one or two consecutive MCs or OC regimen. Females in the OC group were tested on days 7–9 (mean \pm SD: 7.97 ± 0.82) and days 14–16 (mean \pm SD: 15.03 ± 0.79) of their OC blister (measurement times AP1 and AP2, respectively) as well as during their OC free week (measurement time IP), i.e., days 24–26 after starting a new OC blister (mean \pm SD: 24.91 ± 0.70). Measurements during the OC free week corresponded to the first 2 days of the withdrawal bleeding to ensure that women were in a hormone-withdrawal state. Testing dates of the NC group were adapted to the women’s average MC length. Measurements during follicular phase (FO) were conducted on days 7–9 (mean \pm SD: 7.78 ± 0.63). Measurements during luteal phase (LU) were terminated according to the following formula: average MC length – 2/3 days. Consequently, they were conducted on days 23–28 (mean \pm SD: 25.57 ± 1.25). For a correct termination of measurements during ovulation (OV), NC women were provided with LH-tests (Femometer LH Ovulation Rapid Test Strip; sensitivity 25 mIU/ml; Hangzhou Clongene Biotech Co., Ltd.; Hong Kong) that they were supposed to use for seven consecutive days around their predicted ovulation. After announcing a positive LH-test result, subjects were assessed within 24 h (mean \pm SD: 8.79 ± 7.03). OV measurements were conducted between days 10–20 (mean \pm SD: 14.90 ± 2.44). To avoid sequence effects, phase of first measurement was counter-balanced. 11/16 women started during FO/AP1, 7/14 subjects during OV/AP2 and 12/5 subjects during LU/IP. It was aimed to schedule all three testing appointments at approximately the same time of the day (morning, noon, and afternoon) to account for the circadian rhythmicity in gonadal steroid secretion. To ensure similar between-session intervals for the NC and OC group, OC users were tested twice during their active OC period with the second time point corresponding to ovulation in NC women. Testing dates for both groups are illustrated in **Figure 1**.

Emotional Picture Stroop Paradigm

To assess neural reactivity toward emotional stimuli, an Emotional Picture Stroop Paradigm (EPSP) was conducted. EPSPs were previously successfully used as an implicit measurement tool regarding sexual interest



(Ciardha and Gormley, 2009; Munk et al., 2020). The combination of EPSPs and ERP collection is, moreover, advantageous in assessing selective attention and has proven as a valid instrument in emotion research (Thomas et al., 2007; Bertsch et al., 2009; Franken et al., 2009). Based on previous research (Munk et al., 2020), three main categories were included: erotic stimuli included couples in underwear and erotic poses (couple erotic) as well as lightly dressed males (male erotic) and females (female erotic). Positive stimuli included single smiling individuals of both sexes; neutral stimuli consisted of couples (couple neutral) and single individuals (person neutral) in neutral poses and with neutral facial expressions, and trees as a non-social neutral stimulus category. In order to validate picture selection regarding valence and arousal, an online pilot-study in $n = 134$ women (mean age \pm SD: 25.57 ± 8.99) had been conducted before. Women rated 84 preselected pictures (12 per subcategory) on valence and arousal. Pictures were retrieved from www.shutterstock.com and consecutively gray-scaled. Eight pictures per subcategory were chosen for the main study based on the following criteria: High valence as well as arousal ratings for each of the erotic subcategories, high valence and medium arousal ratings for the positive category and medium valence along low arousal ratings for the neutral categories. Higher arousal ratings were obtained for the erotic vs. positive and both emotional vs. the neutral category. Valence ratings were higher for the positive vs. erotic and both emotional vs. the neutral category.

During the EPSP, gray-scaled pictures were presented in a size of 640 pixels \times 480 pixels on a black background. Subjects were seated in a comfortable chair in a dimly lit room at a 60 cm distance to the screen of 24". They were instructed to indicate the picture's frame color (blue, green, red, and yellow) by pressing the respective button as fast and as accurately as

possible on a response pad (MilliKey™ MH-5; Lab Hackers Research Equipment, Halifax, Canada). Picture presentation lasted until subjects executed a response. An inter-trial interval (white fixation cross) with a random duration of 1,000–1,500 ms (mean 1,250) was presented between trials (Figure 2). Each picture was presented twice in each frame color resulting in 64 trials per subcategory and a total of 448 trials divided into four blocks of 112 trials each. Order of trials was randomized. Between blocks, a 30 s break was included. To familiarize participants with color-button arrangements and thereby reducing eye-movements during the task, subjects were run on 40 practice trials with colored squares before block one and on an additional 12 practice trials before block two to four, respectively. Stimulus presentation and response recording were controlled by Presentation Software 21.1 (Neurobehavioral Systems Inc., Albany, CA, United States) run on a Pentium (Intel Corp., Santa Clara, CA, United States)-based personal computer. Depending on the subjects' speed, the EPSP took approximately 20 min (including breaks and practice trials).

Event-Related Potentials Recording and Quantification

Throughout the EPSP, EEG was continuously recorded from 64 active (Ag/AgCl) electrodes mounted in an elastic cap (actiCap snap, Easycap GmbH, Herrsching, Germany). Electrode sites were re-referenced online to FCz. Scalp impedances were kept below 20 k Ω . Signals were recorded using Brain Vision Recording Software (Version 1.22.0101) and a BrainAmp DC amplifier (both Brain Products GmbH, Gilching, Germany) with a sampling rate of 500 Hz and a band-pass filter between 0.1 and 80 Hz. Brain Vision Analyzer software 2.2.0 (Brain Products GmbH, Gilching, Germany) was used for offline

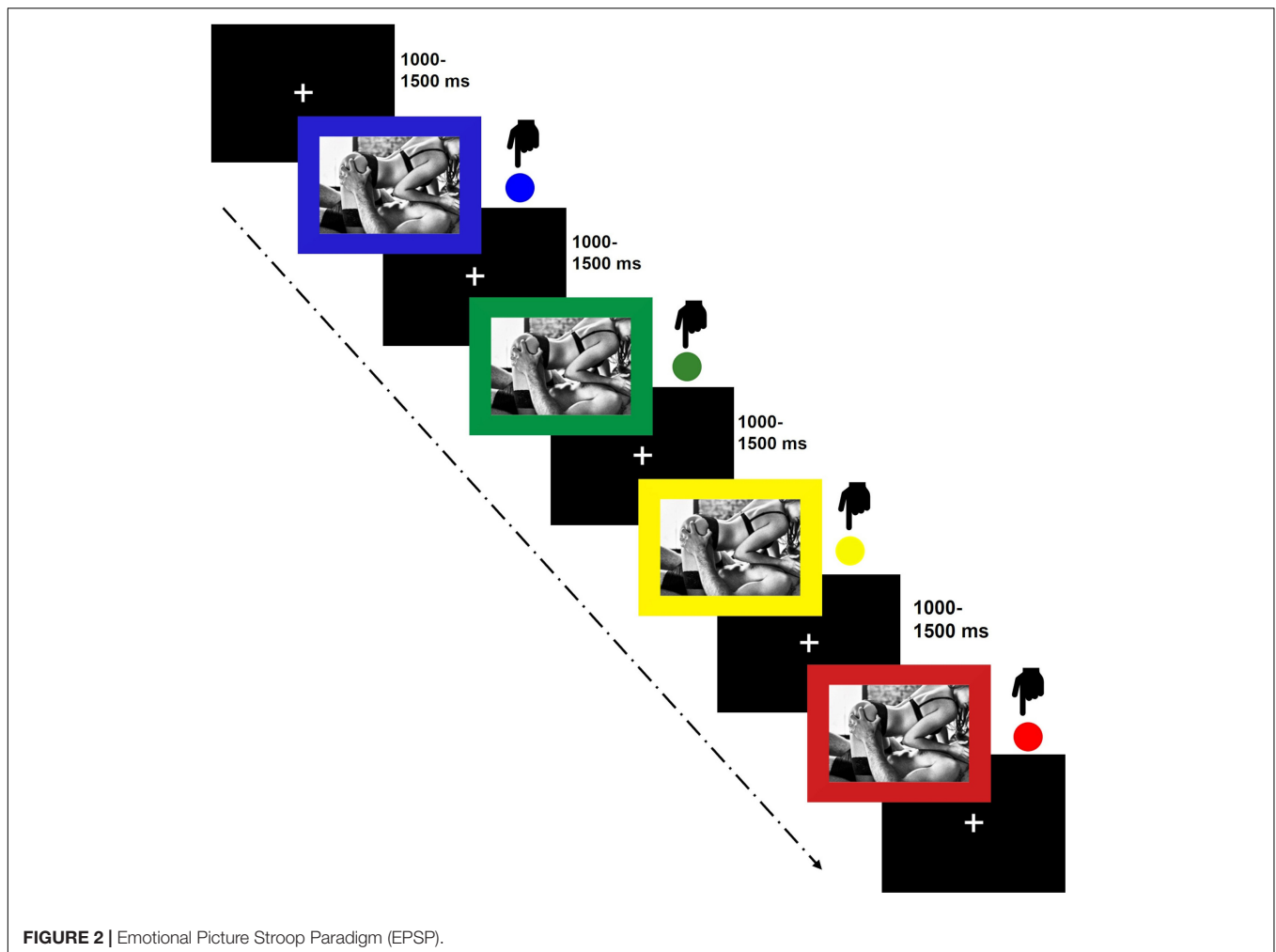


TABLE 1 | Participant characteristics of naturally cycling (NC) women and oral contraceptive (OC) users.

	Entire sample	NC	OC	Test-statistics
Age (mean \pm SD)	23.24 \pm 2.83	23.72 \pm 2.56	22.82 \pm 3.03	$t_{(60)} = 1.26, p = 0.212$
BMI (mean \pm SD)	21.26 \pm 1.87	21.37 \pm 2.21	21.17 \pm 1.55	$t_{(60)} = 0.42, p = 0.676$
Age at menarche (mean \pm SD)	12.98 \pm 1.75	12.62 \pm 1.24	13.30 \pm 2.07	$t_{(60)} = 1.55, p = 0.127$
Relationship status (% in a relationship)	75.80	72.40	78.80	$\chi^2_{(1)} = 0.34, p = 0.559$

processing. Raw EEG data was filtered with a 0.5 Hz (12 dB/oct per order) high-pass Butterworth IIR. Data was then visually inspected for non-ocular artifacts, and these were subsequently excluded. Blink- and eye- movement artifacts were removed using an Independent Component Analysis (ICA-) algorithm as implemented in Brain Vision Analyzer. Afterward, data was filtered using a 30 Hz (12 dB/oct per order) low-pass Butterworth IIR and a 50 Hz Notch filter, re-referenced to an average reference and segmented (stimulus locked; -200 ms to 1,000 ms). For each stimulus category, grand average waveforms were computed and baseline-corrected using the pre-stimulus interval (-200 ms to 0 ms). Three subjects (2 OC and 1 NC) had to be excluded from further analyses due to extensive EEG artifacts caused by movements, muscle tension or teeth

grinding. For the remaining subjects, an average of 59.75 ($SD = 3.25$) trials per stimulus subcategory were included in the analysis. Symmetrical clusters were chosen for analysis of both ERP components. In accordance with its typical temporo-occipital topography, mean amplitudes of electrodes PO7, PO8, O1, and O2 in the time window between 150 and 250 ms were extracted to quantify the EPN component. For analyses of the LPP, mean amplitudes in the temporal window between 400 and 800 ms were extracted at centro-parietal electrodes CP1, CP2, P1, and P2. For both ERP components, choice of time window and electrodes was based on visual inspection of grand average waveforms, significant electrode inter-correlations and results of previous research (Farkas et al., 2020; Schindler et al., 2020).

TABLE 2 | Mean (M), standard deviation (SD) and range of estradiol concentration in pg/ml across follicular (FO), ovulation (OV) and luteal phase (LU) in naturally cycling (NC) women and across active OC pill phase one (AP1), active OC pill phase two (AP2), and the inactive OC pill phase (IP) in oral contraceptive (OC) users.

NC				
	FO	OV	LU	Mean
M	4.15	5.06	4.84	4.68
SD	0.94	1.28	1.37	0.91
Range	2.94–6.53	2.69–7.96	2.70–9.15	2.86–7.25
OC				
	AP1	AP2	IP	Mean
M	3.98	3.99	4.47	4.15
SD	1.08	1.40	1.62	1.15
Range	2.38–6.05	2.15–7.91	2.54–11.41	2.37–6.72

TABLE 3 | Mean (M), standard deviation (SD) and range of progesterone concentration in pg/ml across follicular (FO), ovulation (OV) and luteal phase (LU) in naturally cycling (NC) women and across active OC pill phase one (AP1), active OC pill phase two (AP2) and the inactive OC pill phase (IP) in oral contraceptive (OC) users.

NC				
	FO	OV	LU	Mean
M	43.22	68.82	106.79	72.94
SD	25.76	101.92	55.16	45.31
Range	22.08–119.21	12.21–578.60	38.69–239.08	28.64–278.48
OC				
	AP1	AP2	IP	Mean
M	35.99	35.74	41.29	37.67
SD	12.70	18.62	37.61	17.96
Range	19.03–75.33	18.75–102.55	14.49–190.26	19.31–104.37

Endocrine Analyses

Prior to EEG recording, saliva samples for analysis of progesterone (P), 17 β -estradiol (E2) and testosterone (T) were collected using Salicaps (IBL, Hamburg, Germany). These were stored in a freezer at -20°C before being analyzed using enzyme-linked-immunosorbent assay (ELISA-) kits (IBL Hamburg, Germany) in a fully automated manner (BEP2000, Siemens Healthineers, Eschborn, Germany). Only P and E2 were analyzed for the current study. All analyses were run in duplicates. Intra-assay variability coefficients were 7.5 and 7.8% for E2 and P, respectively. Inter-assay variability coefficients were 6.3% for E2 and 1.3% for P. The standard curves were of expected slope and shape and according to the manufacturer, all ELISA-kits were validated by LC-MS. Subjects were instructed to neither eat nor drink (except water) for 2 h prior to testing to avoid possible contamination of samples. Outliers were replaced using a 90% winsorization for the NC and OC groups, respectively. Consequently, values below the 5th or above the 95th percentile were replaced with values corresponding to the 5th or 95th percentile, respectively. Winsorization has proven as a reliable method for outlier correction (Kennedy et al., 1992; Rivest, 1994).

Subjective Stimulus Evaluations

During their last appointment, subjects rated valence and arousal of the EPSP pictures on a 9-point rating scale (arousal: 1 calm and relaxed, 9 very aroused; valence: 1 very unpleasant, and 9 very pleasant) using Self-Assessment Manikins (SAM) (Bradley and Lang, 1994). Subjects were simultaneously presented with a printed version of all pictures belonging to the same subcategory (erotic: couple, male, female; neutral: couple, person, tree; positive). Presentation order of categories was randomized in order to avoid sequence effects. Stimulus evaluations were collected after the last EEG-recording to reduce the influence of conscious stimulus evaluations on neural processing.

Statistical Analyses

Mean concentration of ovarian steroids was compared between groups using independent sample *t*-tests for (a) estradiol and (b) progesterone concentration, respectively. Differences between MC/OC phases were analyzed using rmANOVAs separately for each group. For analysis of the subjective stimulus evaluations, arousal and valence ratings were entered into two separate rmANOVAs with the within-subjects factor stimulus category (three steps) and the between-subjects factor group (two steps). Since OC/MC phase of stimulus evaluation was not balanced, this was also added as a between-subjects factor.

To compare EPN and LPP amplitudes between groups, ERP amplitudes were averaged across measurement times. They were then entered into two rmANOVAs with the within-subjects factors electrode (four steps) and stimulus category (three steps) and the between-subjects factor group (two steps). To assess OC-regimen related effects, ERP amplitudes were then compared between measurement times across the OC regimen using rmANOVAs with the within-subjects factors electrode (four steps), measurement time (three steps) and stimulus category (three steps). Statistical analyses were conducted using IBM SPSS Statistics version 27 (IBM Corp., Somers, NY, United States) with an α -level set to 0.05. For all rmANOVAs Greenhouse–Geisser correction was used in case of violated sphericity assumption. Bonferroni correction was applied to control for multiple testing in *post hoc* analyses.

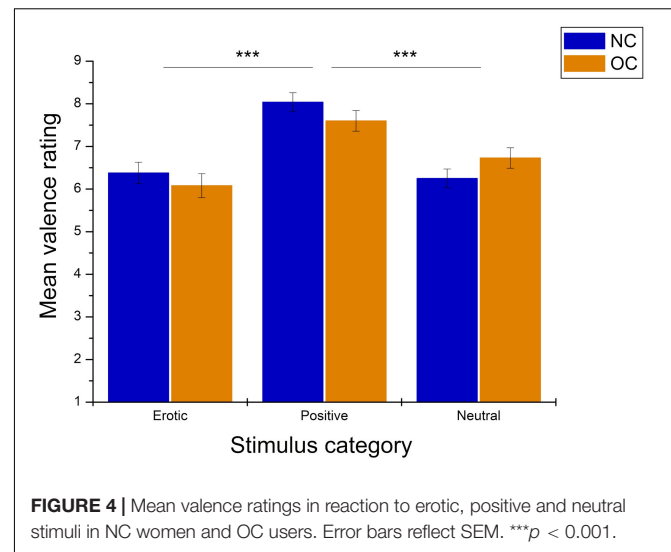
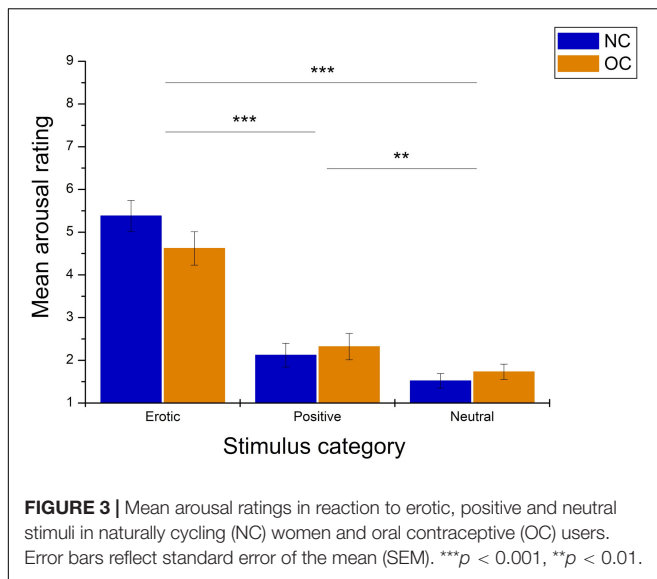
RESULTS

Participants

The final sample consisted of 62 subjects (29 NC and 33 OC). Groups did not differ in age, BMI, age at menarche or relationship status (Table 1). Age and duration of OC use were unrelated, $r = 0.266$, $p = 0.134$, but age was positively correlated with duration of the hormone free interval in previous OC users, $r = 0.723$, $p < 0.001$.

Gonadal Steroid Concentration

Mean estradiol (Table 2), $t_{(60)} = 2.02$, $p = 0.048$, $d = 0.514$, as well as progesterone concentration (Table 3), $t_{(60)} = 4.12$, $p < 0.001$, $d = 1.049$, differed significantly between groups, with, respectively, higher concentrations in the NC compared



to the OC group. For the NC group, estradiol concentration (Table 2) differed significantly between MC phases, $F_{(2,56)} = 6.85$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.197$. Pairwise comparison revealed that estradiol levels were significantly lower during FO compared to OV, $p = 0.010$, and LU, $p = 0.015$. No difference was observed between OV and LU, $p = 1.00$.

Progesterone concentration also differed significantly between MC phases, $F_{(1.58,44.36)} = 7.48$, $p = 0.003$, $\eta_p^2 = 0.211$, with significantly higher concentrations during LU compared to FO, $p < 0.001$, and no significant differences in FO and LU compared to OV (all $p \geq 0.119$) as illustrated in Table 3.

As expected, no phase differences in gonadal steroid concentration were observed for the OC group, estradiol (Table 2): $F_{(1.39,44.53)} = 2.85$, $p = 0.086$, $\eta_p^2 = 0.082$; progesterone (Table 3): $F_{(1.52,48.68)} = 0.68$, $p = 0.473$, $\eta_p^2 = 0.021$.

Subjective Stimulus Evaluations

Arousal Ratings

Arousal ratings differed significantly between stimulus categories, $F_{(1.66,93.04)} = 126.72$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.694$ and were not affected by group, $F_{(1,56)} = 0.13$, $p = 0.720$, $\eta_p^2 = 0.002$. The stimulus category \times group interaction was also not significant, $F_{(1.66,93.04)} = 3.04$, $p = 0.062$, $\eta_p^2 = 0.052$. Pairwise comparison revealed significantly higher arousal ratings in reaction to erotic vs. neutral and positive stimuli (all $p < 0.001$). Positive stimuli were rated as more arousing compared to neutral stimuli, $p = 0.004$. See Figure 3 for illustration.

Valence Ratings

As shown in Figure 4, valence ratings also differed significantly between stimulus categories, $F_{(1.78,99.45)} = 29.08$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.342$. Pairwise comparison revealed that positive stimuli were rated as significantly more pleasant compared to erotic and neutral stimuli (all $p < 0.001$), while no differences were observed between the latter two categories, $p = 0.750$. Valence ratings did not differ between groups, $F_{(1,56)} = 0.15$, $p = 0.704$, $\eta_p^2 = 0.003$,

nor was there a significant stimulus category \times group interaction, $F_{(1.78,99.45)} = 2.50$, $p = 0.094$, $\eta_p^2 = 0.043$.

Neural Reactivity

Early Posterior Negativity

Regarding the EPN, analyses revealed a main effect of stimulus category, $F_{(1.37,82.23)} = 70.79$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.541$. Pairwise comparison showed that erotic stimuli evoked greater EPN negativity compared to neutral and positive stimuli (all $p < 0.001$). No differences were observed between positive and neutral stimuli, $p = 0.061$. Mean amplitude was $3.31 \mu\text{V}$ ($SEM = 0.41$) in reaction to erotic, $4.89 \mu\text{V}$ ($SEM = 0.38$) in reaction to positive and $4.69 \mu\text{V}$ ($SEM = 0.38$) in reaction to neutral stimuli (Figure 5).

Groups did neither differ significantly in EPN amplitudes, $F_{(1,60)} = 1.05$, $p = 0.311$, $\eta_p^2 = 0.017$, nor was there a significant group \times stimulus category interaction, $F_{(1.37,82.23)} = 0.14$, $p = 0.869$, $\eta_p^2 = 0.002$. Results are illustrated in Figure 6. EPN amplitudes did not differ in dependency of OC regimen, $F_{(2,64)} = 1.27$, $p = 0.288$, $\eta_p^2 = 0.038$ and there was no significant OC regimen \times stimulus category interaction, $F_{(4,128)} = 1.48$, $p = 0.213$, $\eta_p^2 = 0.044$.

Late Positive Potential

Late positive potential amplitudes differed significantly in dependency of stimulus category, $F_{(1.69,101.36)} = 67.87$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.531$. Erotic stimuli elicited greater LPP amplitudes compared to neutral and positive ones (all $p < 0.001$). LPP amplitudes toward positive vs. neutral stimuli did not differ significantly, $p = 1.00$ (Figure 7).

There was no significant main effect of group, $F_{(1,60)} = 1.04$, $p = 0.311$, $\eta_p^2 = 0.017$, and no significant group \times stimulus interaction, $F_{(1.69,101.36)} = 0.53$, $p = 0.560$, $\eta_p^2 = 0.531$, $\eta_p^2 = 0.009$. Results are illustrated in Figure 8.

For the OC group, LPP amplitudes differed across the OC regimen in dependency of stimulus category, as indicated by a significant stimulus \times OC regimen interaction,

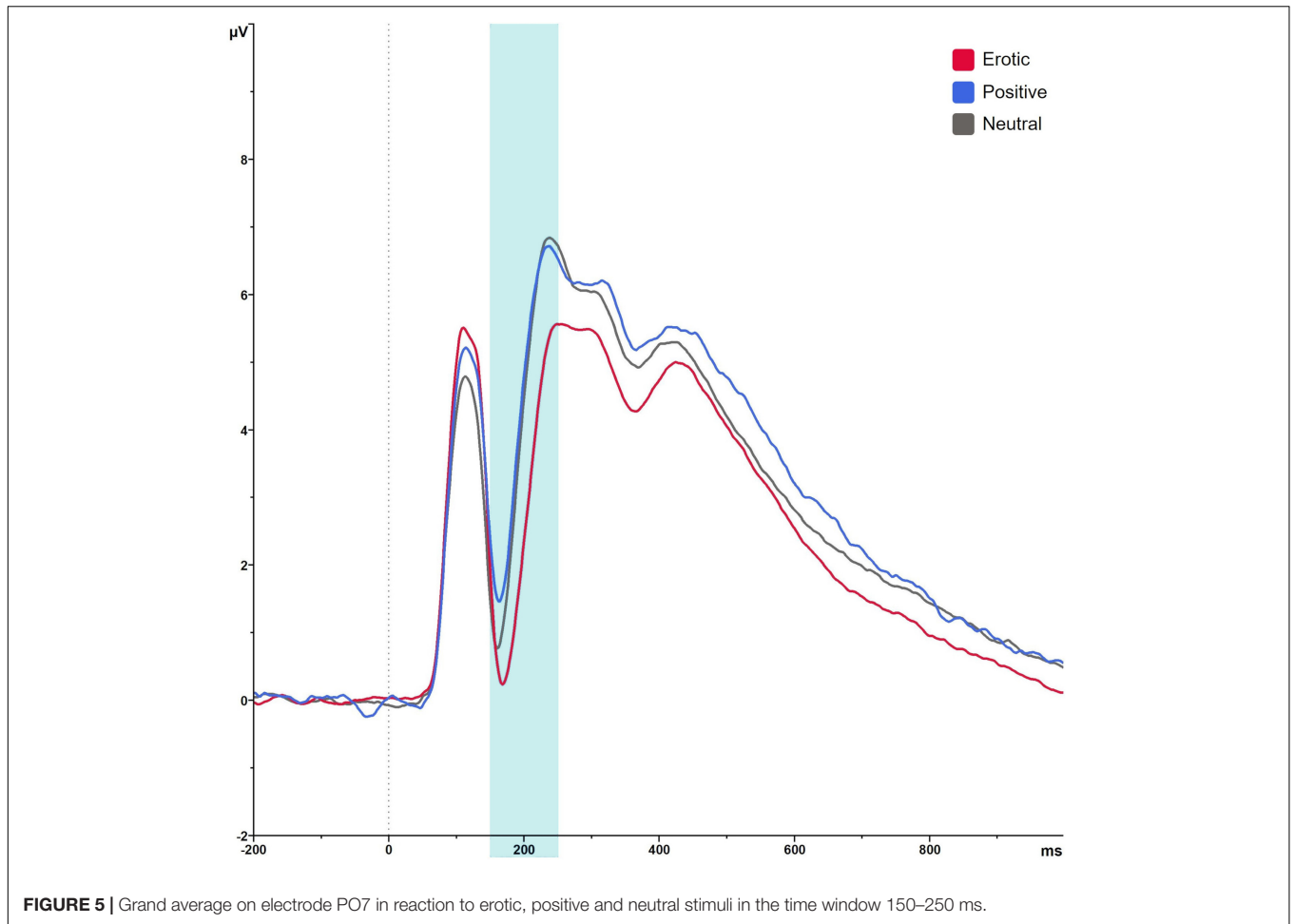


FIGURE 5 | Grand average on electrode PO7 in reaction to erotic, positive and neutral stimuli in the time window 150–250 ms.

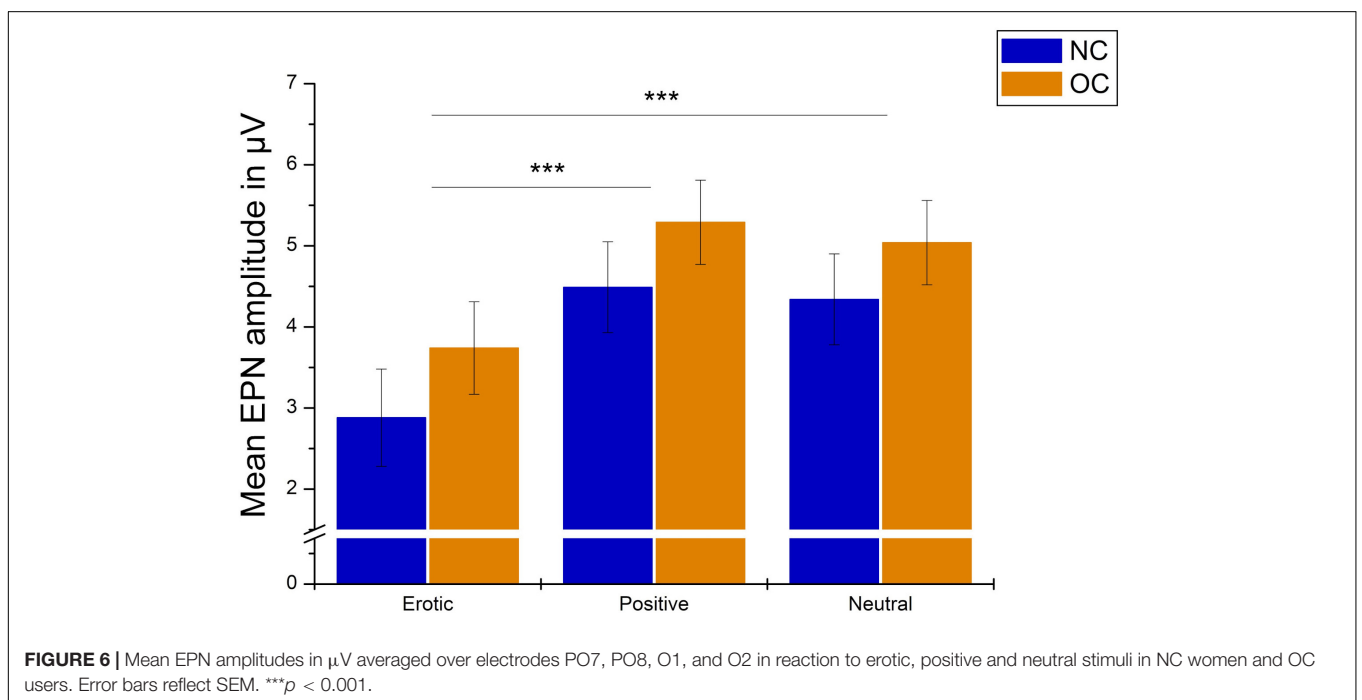
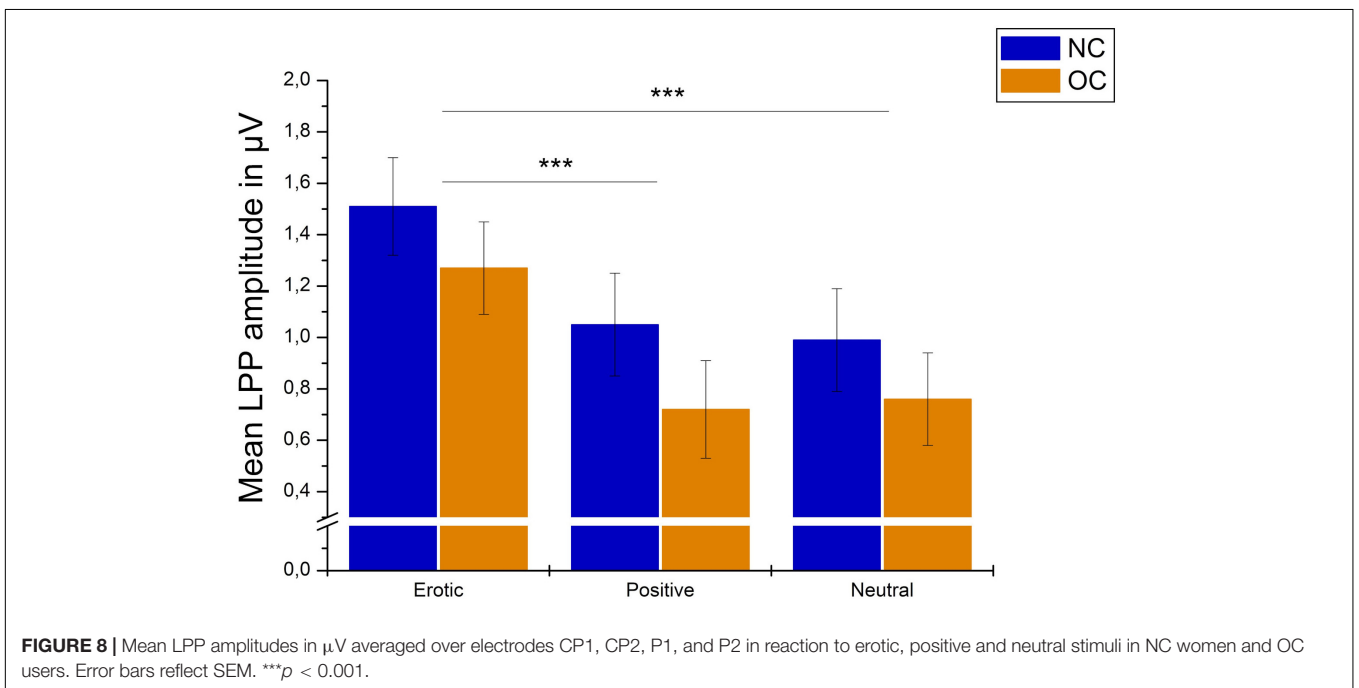
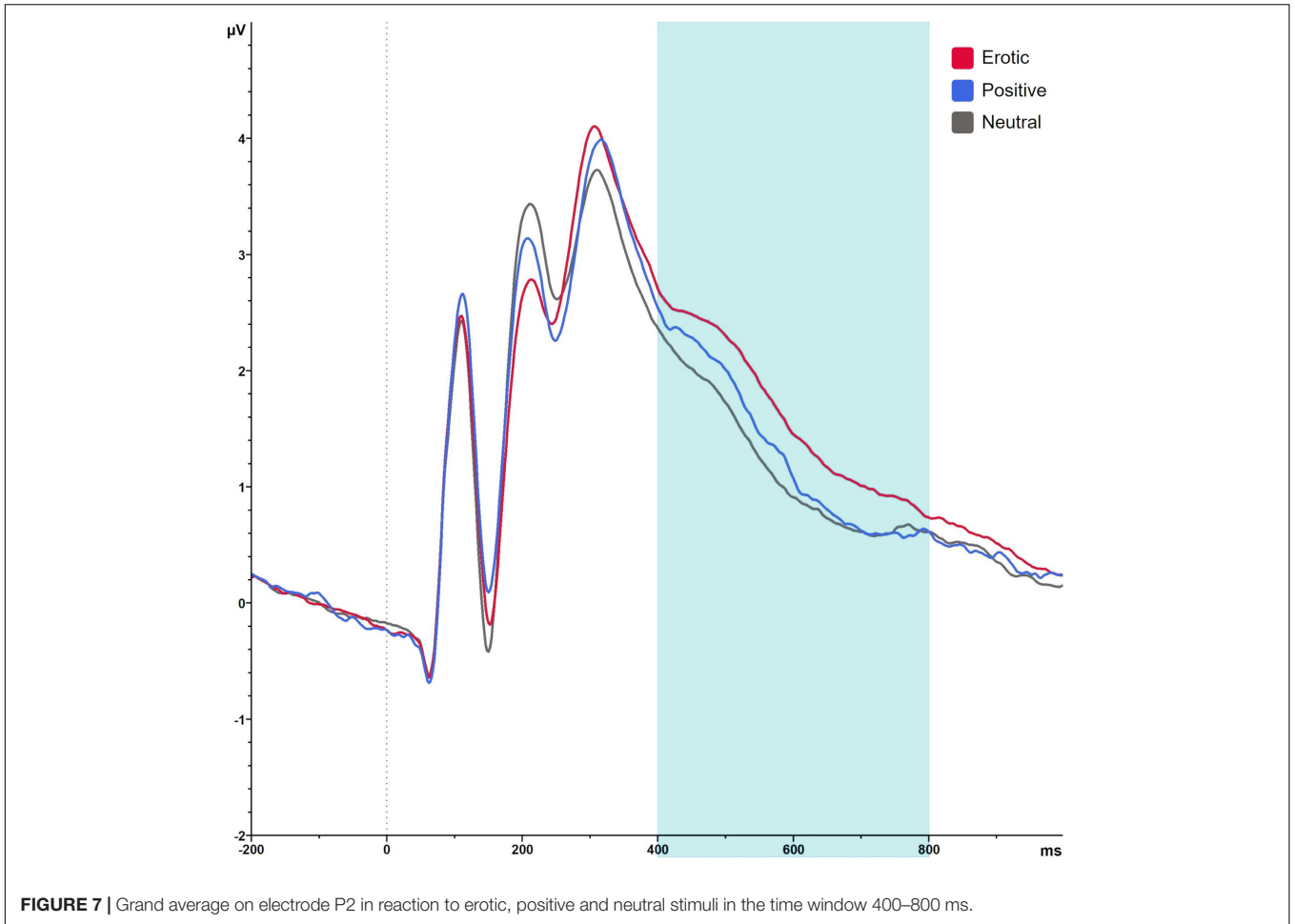


FIGURE 6 | Mean EPN amplitudes in μV averaged over electrodes PO7, PO8, O1, and O2 in reaction to erotic, positive and neutral stimuli in NC women and OC users. Error bars reflect SEM. *** $p < 0.001$.



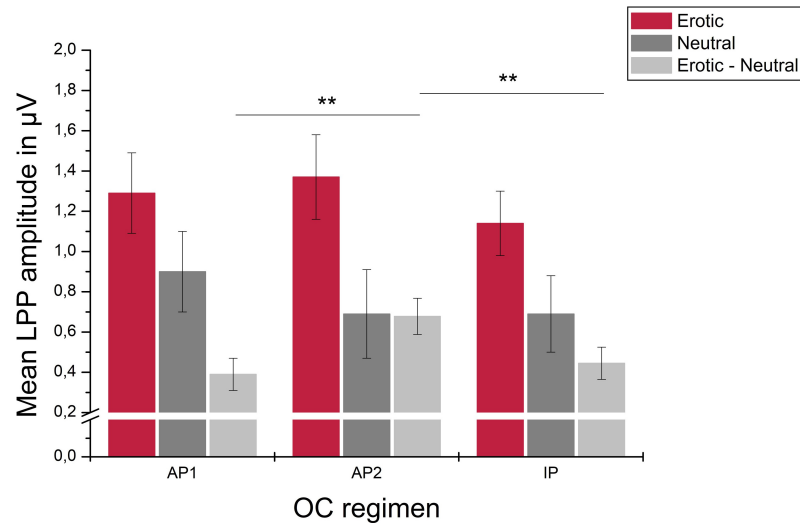


FIGURE 9 | Mean LPP amplitudes in μV averaged over electrodes CP1, CP2, P1, and P2 in reaction to erotic and neutral stimuli as well as the erotic – neutral difference in OC users across active OC pill phase one (AP1), active OC pill phase two (AP2) and the inactive OC pill phase (IP). Error bars reflect SEM. $**p < 0.01$.

$F_{(3,07,98,07)} = 3.85$, $p = 0.011$, $\eta_p^2 = 0.107$. *Post hoc* analyses revealed no main effect of measurement time for neither stimulus category, erotic: $F_{(2,64)} = 1.38$, $p = 0.259$; neutral: $F_{(2,64)} = 1.59$, $p = 0.212$; positive: $F_{(2,64)} = 0.14$, $p = 0.872$. The amplitude difference between erotic and neutral stimuli, however, differed significantly across OC regimen measurement times, $F_{(2,64)} = 9.58$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.230$, and was higher during AP2 compared to AP1 and IP, $p = 0.001$, respectively. Descriptively, this effect was due to lower reactivity toward neutral stimuli (AP1 vs. AP2) and higher neutral reactivity toward erotic stimuli (AP1 vs. AP2 and AP2 vs. IP). Results are illustrated in **Figure 9**.

DISCUSSION

The current study examined neural correlates of early and later stages of emotional processing in NC and OC women using an ERP approach. NC women and OC users did not differ significantly in neural reactivity toward positive or erotic visual stimuli, nor did they rate valence and arousal of these stimuli differently. In OC using women, LPP but not EPN amplitude differences between erotic and neutral stimuli varied significantly between measurement times across the OC regimen with significantly higher differences during AP2 compared to AP1 and IP – that is, during the second week of OC intake compared to the first and the OC free week.

Gonadal Steroid Concentration

Endogenous estradiol as well as progesterone concentrations were lower in the OC than in the NC group. These results are in line with most previous studies (Rapkin et al., 2006; Petersen and Cahill, 2015; Zethraeus et al., 2017) and are caused by OCs downregulating effect on the HPG-axis. Yet, not all studies did report differences in estradiol levels between NC

and OC subjects (Monciunskaitė et al., 2019), possibly due to the use of between- vs. within-subjects designs. In the current study, reliability of endocrine analyses was increased by strict termination of measurements in three distinct cycle phases and the assessment of these distinct phases in the same women, which helped to reduce between-subject variance. If distinct phases are being assessed in different women, high-between subject variance can hinder detection of phase and/or group differences. Within-subject designs are, therefore, advantageous in order to disentangle these effects. In the NC group, endocrine concentrations showed expected variations across the menstrual cycle. Estradiol concentration was highest during ovulation and remained elevated during luteal compared to follicular phase. This corresponds to the second estrogen peak observed during mid-luteal phase (Gandara et al., 2007). Progesterone levels peaked during luteal phase with a significant increase compared to follicular phase and intermediate concentrations during ovulation.

Subjective Stimulus Evaluations

Regarding stimulus arousal ratings, both emotional categories were rated as significantly more arousing compared to neutral stimuli and erotic stimuli were also rated as more arousing compared to positive stimuli. This is in line with previous research (Jacob et al., 2011; Maffei et al., 2015). With regard to valence ratings, positive stimuli were rated as significantly more pleasant than neutral and erotic stimuli. In contrast to our expectation, erotic stimuli were not rated as more pleasant than neutral stimuli. Higher pleasantness ratings for erotic vs. neutral stimuli have previously been reported (Jacob et al., 2011), but might depend on the explicitness of erotic stimuli, perceived embarrassment while watching such stimuli, or specific features of included neutral stimuli (Maffei et al., 2015). Specific setting characteristics (online vs. on-site) could also affect the results with anonymous online ratings possibly being more honest. In

the current study, no significant differences between the NC and OC group in valence or arousal ratings regarding any stimulus category were observed. Accordingly, Armbruster et al. (2017) reported no differences in subjective stimulus evaluations between NC and OC women in reaction to positive, negative and neutral stimuli. Subtle differences in valence and arousal ratings in reaction to positive, negative and neutral stimuli have previously been reported by Spalek et al. (2019). However, the authors did not control for measurement time during MC/OC regimen and their sample included various types of HCs (COCs, patches, hormonal IUDs, and progestin-only pills).

Regarding erotic stimuli, Abler et al. (2013) did not observe group differences in arousal ratings. The current results, while remaining on a trend level ($p = 0.062$ for the stimulus \times group interaction), indicate slightly lower arousal ratings in OC users compared to NC women. This finding is relevant in the light of adverse sexual effects reported by some OC users (Wallwiener et al., 2010, 2015; Smith et al., 2014; Zethraeus et al., 2016; Huang et al., 2020) and should be more closely examined in future studies, possibly in combination with measures of sexual function and/or self-reported adverse OC effects.

Results suggest that conscious processing of emotional stimuli might not be influenced very strongly by OC intake. Previous results regarding modulation of subjective stimulus evaluations by MC phase were inconsistent with some studies reporting no (Zhang et al., 2013) and others domain-specific effects (Lusk et al., 2015; Mačiukaitė et al., 2017). To the best of our knowledge, no study so far assessed OC regimen related effects in stimulus evaluations. As MC/OC regimen time points of stimulus evaluation were not balanced between subjects in the current sample, no conclusion can be drawn in this respect.

Neural Reactivity in Naturally Cycling vs. Oral Contraceptive Using Women

No significant differences were observed in neural reactivity between NC and OC women neither for early (EPN) nor for later (LPP) stages of emotional processing. These differences were expected due to reported adverse side effects of OC intake, including depression (Skovlund et al., 2017; Wit et al., 2020), a reduction of general well-being (Zethraeus et al., 2017) or sexual function (Wallwiener et al., 2010, 2015; Smith et al., 2014; Zethraeus et al., 2016), and previous research indicating reduced reactivity to negative emotional stimuli under OC treatment (Gingnell et al., 2013; Petersen and Cahill, 2015; Monciunskaitė et al., 2019). However, Abler et al. (2013) also reported no significant differences in neural activity during viewing of erotic videos and pictures between OC using and NC women. They did observe subtle differences in activity of the precentral gyrus during expectation of erotic stimuli but only when comparing follicular NC women to OC users that had previously taken OC pills for up to 2 months without any OC break, which limits generalizability of reported results.

Generally, an important factor that needs to be considered in OC research and interpretation of its results is the duration of OC use. In case of the Gingnell et al. (2013) study, emotional processing was assessed after one cycle of OC treatment and

only women who had previously experienced OC related side effects were included. Mean duration of OC intake in the current sample was approximately 4 years. Consequently, prolonged rather than initial effects of OC use were assessed. Initial effects of OC treatment – as assessed after one treatment cycle – might diminish over time leading to non-significant findings in cross-sectional studies. Correspondingly, Jarva and Oinonen (2007) reported greater differences between NC and OC women in emotional reactivity if those took OCs for less than 2 years. Exploratory analyses in the underlying sample revealed no significant association between duration of OC use and neural reactivity, neither in the EPN nor in the LPP. However, no subject in the current sample had used OCs for less than 12 months and only four had used them for less than 2 years. Consequently, no conclusions could be drawn on initial OC treatment effects.

Nevertheless, some effects of OCs on brain structure and neurochemistry might last for months or years after OC discontinuation (Pletzer et al., 2019) and such enduring effects could also mask group differences if NC women have previously used HCs. Importantly, 22 out of 29 subjects in the current NC sample reported previous HC use. Therefore, reported results might not be generalizable to HC naïve women. Adverse side effects are the main reason for terminating (oral) hormonal contraception (Sanders et al., 2001; Huber et al., 2006). The relatively long mean duration of OC use in the underlying OC group suggests an absence of major side effects. This phenomenon is called self-selection bias or survivor-effect and is highly relevant in cross-sectional OC research (Brønnick et al., 2020). Consequently, OC users in the current sample might not be representative of OC users in general, but of those without major side effects. These women might also experience only subtle alterations of psychophysiological processes. However, 42% of OC users in the current sample reported to experience some sort of OC related side effects with mood swings and depressive mood being most frequently reported. Practical reasons, partnership characteristics or a positive cost-benefit ratio (cycle control, beneficial effects on acne or menstrual pain) might result in continuation despite side effects (Frost and Darroch, 2008; Merkh et al., 2009; Egarter et al., 2013). To differentiate effects of initial, prolonged or previous OC use, future studies should include higher proportions of OC naïve women. As recent studies suggest higher vulnerability to OC related neurophysiological alterations and side effects during puberty (Anderl et al., 2020; Sharma et al., 2020a; Wit et al., 2020), time of OC initiation should also be considered. Furthermore, information about side effects and reasons for initiation (i.e., contraception vs. health-related reasons) should also be collected more thoroughly.

Current research suggests that adverse effects following OC use occur only in a subgroup of women (Schaffir, 2006; Burrows et al., 2012; Schaffir et al., 2016). Accordingly, Scheuringer et al. (2020) conducted a placebo-controlled RCT and assessed attentional biases and depressive symptoms after 3 months of OC intake. While they did not observe effects of OCs on depressive symptoms, or interference in a verbal emotional Stroop task, previous OC use and high trait anxiety significantly predicted depressive symptoms at the end of the trial. Genetic

factors could also contribute to such susceptibility and might be similar to those predisposing women to experience other reproductive affective disorders like premenstrual dysphoric disorder, postpartum or perimenopausal depression (McEvoy et al., 2017; Bromberger and Epperson, 2018). Regarding sexual side effects, polymorphisms associated with female sexual function such as the estrogen-receptor α polymorphism (rs2234693) (Armeni et al., 2017) could be relevant as well. Such factors should be considered in future research to prospectively improve contraception counseling.

In a previous ERP study on OC use, Monciunskaitė et al. (2019) reported significantly lower LPP amplitudes toward emotional as well as neutral stimuli in OC users. As the study design of this study was relatively similar (ERP approach, student sample, comparable sample size, and long OC duration), previously outlined factors are unlikely to account for diverging results. However, the sample in the Monciunskaitė et al. (2019) study was restricted to users of anti-androgenic progestins. In the current sample, a majority of women used androgenic progestins. While most studies do not control for different OC formulations, some recent results indicate that androgenic vs. anti-androgenic progestins differentially affect cognitive and socio-emotional processes. For instance, Gurvich et al. (2020) reported lower accuracy in an emotional face discrimination paradigm in anti-androgenic vs. androgenic OC users. Pletzer et al. (2015) observed higher accuracy in a neutral face recognition paradigm and higher gray matter volumes in the fusiform gyrus, the fusiform face area and the parahippocampal place area as well as the cerebellum in users of anti-androgenic progestins. Face recognition accuracy did not differ significantly between NC women and users of androgenic progestins. In a later study, Pletzer et al. (2016) reported that observed differences between NC and OC women in resting-state-connectivity were mostly attributable to the group of anti-androgenic OC users. Affected regions belonged to limbic as well as occipital networks involved in processing of visual emotional stimuli. Exploratory analysis in the current sample revealed a trend ($p = 0.052$ for the main effect of group) toward lower LPP amplitudes in anti-androgenic OC users compared to NC women and users of androgenic OCs. EPN amplitudes did not differ significantly between groups. However, subjective stimulus evaluation differed significantly between groups. Irrespective of stimulus category, users of anti-androgenic OCs rated stimuli as significantly less pleasant compared to androgenic OC users, who did not differ from the NC group. Regarding stimulus arousal, erotic stimuli were rated as significantly less arousing in the anti-androgenic- compared to the androgenic OC as well as the NC group. Test statistics regarding these results are provided in the **Supplementary Material**. These results should be treated with caution due to the small sub-sample size (23 subjects used androgenic OCs and 10 subjects anti-androgenic OCs). Taken together with results described above, they nevertheless suggest that pooling different OC formulations might prevent detection of group differences between NC and OC women and differential effects of progestin types should be considered in future research. Research regarding effects of synthetic progestins on the CNS is still very sparse

(Gruber and Huber, 2003) and most studies also did not include/differentiate newer progestins (Rapkin et al., 2006; Africander et al., 2011; Porcu et al., 2019). Therefore, as a first step, more basic neuroscientific research, examining differential effects of OC preparations on i.e., neurosteroid concentration and/or neuroanatomy, is needed.

Other possible explanations for the diverging results between the current and the Monciunskaitė et al. (2019) sample are design and paradigm-related differences. In the current study, each subject was assessed three times across the MC/OC regimen [compared to once in Monciunskaitė et al.'s (2019) sample]. Measurements during ovulation in the NC and during the OC free week in the OC group were included. Furthermore, Monciunskaitė et al. (2019) used a passive viewing paradigm whereas an active task requiring subjects to react to presented stimuli was used in the current study. Previous research indicated higher mind wandering tendencies in OC users (Raymond et al., 2019) – a confound that should be more relevant in passive vs. active tasks and might explain reduced LPP amplitudes in the Monciunskaitė et al. (2019) sample. Further research, possibly including eye-tracking measures, is necessary, especially since NC and OC women might differ in their attention to contextual features of presented (erotic) stimuli (Rupp and Wallen, 2007).

Regarding erotic picture processing, another factor should be considered in future research: Prause et al. (2015) observed lower LPP amplitudes in subjects reporting less than two sexual intercourse partners during the last 12 months compared to subjects reporting two or more partners. Importantly, this difference was more pronounced in less explicit sexual images. As erotic pictures in the current study included males and females in underwear (i.e., no naked genitals were depicted) and couples during “petting” rather than penetrative intercourse, they can be classified as rather less explicit. Hence, differences in sexual activity between both groups could also have confounded current results. Subjects did not report the number of current and/or previous sexual intercourse partners. Relationship status – as the most similar measure in the underlying study – was, however, not significantly associated with early or late neural reactivity.

While no significant differences occurred between the NC and OC group, the erotic-neutral difference in LPP amplitudes was modulated by measurement time during the OC regimen with significantly higher differences during the second week of active OC intake. Importantly, this effect remained significant when controlling for phase of first measurement. Most previous studies on OC use did not examine different time points across the OC regimen at all, or if they did, compared one time point during the active period and one time point during the OC free week in a between-subjects design. Within-subjects designs – as used in the current study – help to reduce variance in order to better disentangle OC regimen effects. The higher erotic-neutral difference at AP2 resulted from lower neural reactivity to neutral stimuli (AP1 vs. AP2) and higher neural reactivity to erotic stimuli (AP1 vs. AP2 and AP2 vs. IP). Mean amplitude in reaction to erotic stimuli was highest at AP2, although this effect was not statistically significant. Previous research reported higher coupling of brain regions relevant for emotion regulation during the active vs. inactive period of

the OC regimen (Nasseri et al., 2020) and Radke and Derntl (2016) reported higher accuracy during the active OC treatment in an affective responsiveness task. Taken together, reported results suggest that emotional processes are modulated by the OC regimen, with possibly higher emotional abilities (higher emotional reactivity to erotic vs. neutral stimuli, better emotion regulation and affective state evaluation) during active vs. inactive periods of the OC regimen.

After initiation of a new OC blister, ovarian suppression is usually reached after seven consecutive days of OC intake (Curtis et al., 2006). Most manufacturers recommend additional contraception if a pill is forgotten during the first 7 days after the break, but not if it is forgotten on days 8–14. Missing pills adjacent to the OC free interval is associated with greater risk of pregnancy (Curtis et al., 2006). The AP1 measurement in the current study corresponded to days 7–9 after starting a new OC blister and the AP2 measurement was conducted on days 14–16. Therefore, AP2 might correspond to the time point of maximal ovarian suppression and most stable endocrine status. Correspondingly, higher reactivity to erotic vs. neutral stimuli was noted at this point. This could be interpreted in terms of positive mood effects during steady hormonal states in OC users (Ott et al., 2008). Lower reactivity to erotic vs. neutral stimuli during the OC free week is in line with reported adverse effects during the hormone absent interval of the OC regimen (Sulak, 2000; Kelly et al., 2010). In the current study, it was aimed to assess NC and OC women on similar days of the MC/OC regimen with equal between measurement intervals. To further elucidate OC regimen related differences in emotional processing, future studies should terminate measurements in the OC group in consideration of results regarding ovarian function at different time points of the OC regimen (Curtis et al., 2006).

Limitations

Several limitations need to be considered in the interpretation of the presented results. Most subjects were students and mean age was comparably young. Strict inclusion/exclusion criteria, furthermore, reduces representativeness of the sample.

Regarding included stimulus categories, no significant differences were observed in neural reactivity to positive vs. neutral stimuli. This contradicts previous research (Schupp et al., 2000; Bublatzky et al., 2014; Munk et al., 2016). However, neural reactivity has proven to be arousal- rather than valence dependent (Schupp et al., 2000; Leite et al., 2012). Comparing arousal ratings between subcategories revealed that positive stimuli were rated as more arousing compared to trees but did not differ significantly from neutral persons and couples which could explain the observed similarity in neural reactivity.

Conclusion

Sixty years after introduction of “the pill,” the question *how* OCs affect brain structure and functions remains unclear and understudied (Porcu et al., 2019). Hence, in a first step, more basic neuroscientific research is needed.

In the current study, no significant differences were observed either in subjective stimulus evaluations, or in neural reactivity

toward positive or erotic emotional stimuli. Neural reactivity toward erotic vs. neutral stimuli was modulated by time point of the OC regimen with greater differences during the second week of the OC regimen. This could result from steady endocrine states and should be more closely examined in future studies. Future studies should control for duration of current and/or previous OC use and other possible confounding factors such as the number of sexual intercourse partners. Furthermore, it seems to be highly relevant to distinctively examine different OC formulations, as different progestins could have differential effects on neural and socio-emotional processes.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The original contributions presented in the study are included in the article/**Supplementary Material**, further inquiries can be directed to the corresponding author.

ETHICS STATEMENT

The studies involving human participants were reviewed and approved by the Local Ethic Commission of the Faculty of Psychology and Sport Science at Justus-Liebig-University Gießen. The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

NS, JH, and AM: conceptualization and study design. NS: data acquisition and investigation, formal analysis, visualization, and writing – original draft. NS and AM: writing – review and editing. AM: project administration. JH and AM: supervision and resources. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

FUNDING

This research was supported by a German Research Foundation grant to AM, project MU 4385/2-1.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank Nicole Tscherney for research assistance and our student assistants for their help in acquiring participants and collecting the data. We also thank our participants for their dedication in research.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

The Supplementary Material for this article can be found online at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2021.798823/full#supplementary-material>

REFERENCES

- Abler, B., Kumpfmüller, D., Grön, G., Walter, M., Stingl, J., and Seeringer, A. (2013). Neural correlates of erotic stimulation under different levels of female sexual hormones. *PLoS One* 8:e54447. doi: 10.1371/journal.pone.0054447
- Africander, D., Verhoog, N., and Hapgood, J. P. (2011). Molecular mechanisms of steroid receptor-mediated actions by synthetic progestins used in HRT and contraception. *Steroids* 76, 636–652. doi: 10.1016/j.steroids.2011.03.001
- Alexander, R., Aragón, O. R., Bookwala, J., Cherbuin, N., Gatt, J. M., Kahrilas, I. J., et al. (2021). The neuroscience of positive emotions and affect: Implications for cultivating happiness and wellbeing. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 121, 220–249. doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.12.002
- Anderl, C., Li, G., and Chen, F. S. (2020). Oral contraceptive use in adolescence predicts lasting vulnerability to depression in adulthood. *J. Child Psychol. Psychiatry* 61, 148–156. doi: 10.1111/jcpp.13115
- Armbruster, D., Kirschbaum, C., and Strobel, A. (2017). The not-so-bitter pill: Effects of combined oral contraceptives on peripheral physiological indicators of emotional reactivity. *Horm. Behav.* 94, 97–105. doi: 10.1016/j.yhbeh.2017.06.009
- Armeni, A. K., Assimakopoulos, K., Marioli, D., Koika, V., Michaelidou, E., Mourtzis, N., et al. (2017). Impact of estrogen receptor α gene and oxytocin receptor gene polymorphisms on female sexuality. *Endocr. Connect.* 6, 44–52. doi: 10.1530/EC-16-0090
- Barrett, E. S., Parlett, L. E., Windham, G. C., and Swan, S. H. (2014). Differences in ovarian hormones in relation to parity and time since last birth. *Fertil. Steril* 101, 1773.e–1780.e. doi: 10.1016/j.fertnstert.2014.02.047
- Basson, R. (2008). Women's sexual function and dysfunction: Current uncertainties, future directions. *Int. J. Impot. Res.* 20, 466–478. doi: 10.1038/ijir.2008.23
- Bernstein, L., Pike, M. C., Ross, R. K., Judd, H. L., Brown, J. B., and Henderson, B. E. (1985). Estrogen and Sex Hormone-Binding Globulin Levels in Nulliparous and Parous Women. *J. Natl. Cancer Inst.* 74, 741–745. doi: 10.1093/jnci/74.4.741
- Bertsch, K., Böhnke, R., Kruk, M. R., and Naumann, E. (2009). Influence of aggression on information processing in the emotional stroop task—an event-related potential study. *Front. Behav. Neurosci.* 3:28. doi: 10.3389/neuro.08.028.2009
- Bianchi-Demicheli, F., Cojan, Y., Waber, L., Recordon, N., Vuilleumier, P., and Ortigue, S. (2011). Neural bases of hypoactive sexual desire disorder in women: An event-related fMRI study. *J. Sex Med.* 8, 2546–2559. doi: 10.1111/j.1743-6109.2011.02376.x
- Bradley, M. M., and Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry* 25, 49–59. doi: 10.1016/0005-7916(94)90063-9
- Bromberger, J. T., and Epperson, C. N. (2018). Depression During and After the Perimenopause: Impact of Hormones, Genetics, and Environmental Determinants of Disease. *Obstet. Gynecol. Clin. North Am.* 45, 663–678. doi: 10.1016/j.ogc.2018.07.007
- Brønnick, M. K., Økland, I., Graugaard, C., and Brønnick, K. K. (2020). The Effects of Hormonal Contraceptives on the Brain: A Systematic Review of Neuroimaging Studies. *Front. Psychol.* 11:556577. doi: 10.3389/fpsyg.2020.556577
- Brown, K. W., Goodman, R. J., and Inzlicht, M. (2013). Dispositional mindfulness and the attenuation of neural responses to emotional stimuli. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 8, 93–99. doi: 10.1093/scan/nss004
- Bublitzky, F., Gerdes, A. B. M., White, A. J., Riemer, M., and Alpers, G. W. (2014). Social and emotional relevance in face processing: Happy faces of future interaction partners enhance the late positive potential. *Front. Hum. Neurosci.* 8:493. doi: 10.3389/fnhum.2014.00493
- Burrows, L. J., Basha, M., and Goldstein, A. T. (2012). The effects of hormonal contraceptives on female sexuality: A review. *J. Sex Med.* 9, 2213–2223. doi: 10.1111/j.1743-6109.2012.02848.x
- Ciardha, C., and Gormley, M. (2009). “Comparing Two Implicit Cognitive Measures of Sexual Interest: A Pictorial Modified Stroop Task and the Implicit Association Test,” in *Cognitive Approaches to the Assessment of Sexual Interest in Sexual Offenders*, eds D. Thornton and D. R. Laws (Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell), 177–201. doi: 10.1002/9780470747551.ch9
- Curtis, K. M., Chrisman, C. E., Mohllajee, A. P., and Peterson, H. B. (2006). Effective use of hormonal contraceptives: Part I: Combined oral contraceptive pills. *Contraception* 73, 115–124. doi: 10.1016/j.contraception.2005.08.003
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., and Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biol. Psychol.* 52, 95–111. doi: 10.1016/S0301-0511(99)00044-7
- Davis, A. R., and Castaño, P. M. (2004). Oral Contraceptives and Libido in Women. *Annu. Rev. Sex Res.* 15, 297–320. doi: 10.1080/10532528.2004.10559822
- Del Río, J. P., Allende, M. I., Molina, N., Serrano, F. G., Molina, S., and Vigil, P. (2018). Steroid Hormones and Their Action in Women's Brains: The Importance of Hormonal Balance. *Front. Public Health* 6:141. doi: 10.3389/fpubh.2018.00141
- Dhont, M. (2010). History of oral contraception. *Eur. J. Contracept. Reprod. Health Care* 15(Suppl. 2), S12–S18. doi: 10.3109/13625187.2010.513071
- Egarter, C., Frey Tirri, B., Bitzer, J., Kaminsky, V., Oddens, B. J., Prilepskaya, V., et al. (2013). Women's perceptions and reasons for choosing the pill, patch, or ring in the CHOICE study: A cross-sectional survey of contraceptive method selection after counseling. *BMC Womens Health* 13:9. doi: 10.1186/1472-6874-13-9
- Epstein, J., Pan, H., Kocsis, J. H., Yang, Y., Butler, T., Chusid, J., et al. (2006). Lack of Ventral Striatal Response to Positive Stimuli in Depressed Versus Normal Subjects. *Am. J. Psychiatry* 163, 1784–1790. doi: 10.1176/ajp.2006.163.10.1784
- Farkas, A. H., Oliver, K. I., and Sabatinelli, D. (2020). Emotional and feature-based modulation of the early posterior negativity. *Psychophysiology* 57:e13484. doi: 10.1111/psyp.13484
- Foti, D., Hajcak, G., and Dien, J. (2009). Differentiating neural responses to emotional pictures: Evidence from temporal-spatial PCA. *Psychophysiology* 46, 521–530. doi: 10.1111/j.1469-8986.2009.00796.x
- Frank, D. W., and Sabatinelli, D. (2019). Hemodynamic and electrocortical reactivity to specific scene contents in emotional perception. *Psychophysiology* 56:e13340. doi: 10.1111/psyp.13340
- Franken, I. H. A., Gootjes, L., and van Strien, J. W. (2009). Automatic processing of emotional words during an emotional Stroop task. *NeuroRep.* 20, 776–781. doi: 10.1097/WNR.0b013e3283282b02fe
- Frost, J. J., and Darroch, J. E. (2008). Factors associated with contraceptive choice and inconsistent method use, United States, 2004. *Perspect. Sex Reprod. Health* 40, 94–104. doi: 10.1363/4009408
- Frühholz, S., Trost, W., and Grandjean, D. (2014). The role of the medial temporal limbic system in processing emotions in voice and music. *Prog. Neurobiol.* 123, 1–17. doi: 10.1016/j.pneurobio.2014.09.003
- Frye, C. A. (2006). An overview of oral contraceptives: Mechanism of action and clinical use. *Neurology* 66(6 Suppl. 3), S29–S36. doi: 10.1212/WNL.66.66_suppl_3.S29
- Gandara, B. K., Leresche, L., and Mancl, L. (2007). Patterns of salivary estradiol and progesterone across the menstrual cycle. *Ann. N Y Acad. Sci.* 1098, 446–450. doi: 10.1196/annals.1384.022
- Gençöz, T. (2002). Discriminant validity of low positive affect: is it specific to depression? *Pers. Individ. Dif.* 32, 991–999. doi: 10.1016/S0191-8869(01)0103-9
- Gierisch, J. M., Coeytaux, R. R., Urrutia, R. P., Havrilesky, L. J., Moorman, P. G., Lowery, W. J., et al. (2013). Oral contraceptive use and risk of breast, cervical, colorectal, and endometrial cancers: A systematic review. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 22, 1931–1943. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-13-0298
- Gingnell, M., Engman, J., Frick, A., Moby, L., Wikström, J., Fredrikson, M., et al. (2013). Oral contraceptive use changes brain activity and mood in women with previous negative affect on the pill—a double-blinded, placebo-controlled randomized trial of a levonorgestrel-containing combined oral contraceptive. *Psychoneuroendocrinology* 38, 1133–1144. doi: 10.1016/j.psyneuen.2012.11.006
- Gizewski, E. R., Krause, E., Karama, S., Baars, A., Senf, W., and Forsting, M. (2006). There are differences in cerebral activation between females in distinct menstrual phases during viewing of erotic stimuli: A fMRI study. *Exp. Brain Res.* 174, 101–108. doi: 10.1007/s00221-006-0429-3
- Gruber, C. J., and Huber, J. C. (2003). Differential effects of progestins on the brain. *Maturitas* 46(Suppl. 1), S71–S75. doi: 10.1016/j.maturitas.2003.09.021
- Gurvich, C., Warren, A. M., Worsley, R., Hudaib, A. R., Thomas, N., and Kulkarni, J. (2020). Effects of Oral Contraceptive Androgenicity on Visuospatial and

- Social-Emotional Cognition: A Prospective Observational Trial. *Brain Sci.* 10:brainsci10040194. doi: 10.3390/brainsci10040194
- Hajcak, G., and Olvet, D. M. (2008). The persistence of attention to emotion: Brain potentials during and after picture presentation. *Emotion* 8, 250–255. doi: 10.1037/1528-3542.8.2.250
- Hajcak, G., Weinberg, A., MacNamara, A., and Foti, D. (2012). “Erps and the study of emotion,” in *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*, eds S. J. Luck and E. S. Kappenman (Oxford: Oxford Univ. Press), 441–472.
- Hamstra, D. A., Kloet, E. R., de Rover, M., de, and van der Does, W. (2017). Oral contraceptives positively affect mood in healthy PMS-free women: A longitudinal study. *J. Psychosom. Res.* 103, 119–126. doi: 10.1016/j.jpsychores.2017.10.011
- Herrera, A. Y., Velasco, R., Faude, S., White, J. D., Opitz, P. C., Huang, R., et al. (2020). Brain activity during a post-stress working memory task differs between the hormone-present and hormone-absent phase of hormonal contraception. *Neurobiol. Stress* 13:100248. doi: 10.1016/j.ynstr.2020.100248
- Hertel, J., König, J., Homuth, G., van der Auwera, S., Wittfeld, K., Pietzner, M., et al. (2017). Evidence for Stress-like Alterations in the HPA-Axis in Women Taking Oral Contraceptives. *Sci. Rep.* 7:14111. doi: 10.1038/s41598-017-13927-7
- Hill, P., Garbaczewski, L., Kasumi, K., and Wynder, E. L. (1986). Plasma hormones in parous, nulliparous and postmenopausal Japanese women. *Cancer Lett.* 33, 131–136. doi: 10.1016/0304-3835(86)90017-0
- Horner, M. S., Siegle, G. J., Schwartz, R. M., Price, R. B., Haggerty, A. E., Collier, A., et al. (2014). C'mon get happy: Reduced magnitude and duration of response during a positive-affect induction in depression. *Depress. Anxiety* 31, 952–960. doi: 10.1002/da.22244
- Huang, M., Li, G., Liu, J., Li, Y., and Du, P. (2020). Is There an Association Between Contraception and Sexual Dysfunction in Women? A Systematic Review and Meta-analysis Based on Female Sexual Function Index. *J. Sex Med.* 17, 1942–1955. doi: 10.1016/j.jsxm.2020.06.008
- Huber, L. R. B., Hogue, C. J., Stein, A. D., Drews, C., Ziemann, M., King, J., et al. (2006). Contraceptive use and discontinuation: Findings from the contraceptive history, initiation, and choice study. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 194, 1290–1295. doi: 10.1016/j.ajog.2005.11.039
- Jacob, G. A., Arntz, A., Domes, G., Reiss, N., and Siep, N. (2011). Positive erotic picture stimuli for emotion research in heterosexual females. *Psychiatry Res.* 190, 348–351. doi: 10.1016/j.psychres.2011.05.044
- Jarva, J. A., and Oinonen, K. A. (2007). Do oral contraceptives act as mood stabilizers? Evidence of positive affect stabilization. *Arch. Womens Ment. Health* 10, 225–234. doi: 10.1007/s00737-007-0197-5
- Jonge, M., de, Dekker, J. J. M., Kikkert, M. J., Peen, J., van Rijsbergen, G. D., et al. (2017). The role of affect in predicting depressive symptomatology in remitted recurrently depressed patients. *J. Affect. Disord.* 210, 66–71. doi: 10.1016/j.jad.2016.12.015
- Kelly, S., Davies, E., Fearn, S., McKinnon, C., Carter, R., Gerlinger, C., et al. (2010). Effects of oral contraceptives containing ethinylestradiol with either drospirenone or levonorgestrel on various parameters associated with well-being in healthy women: A randomized, single-blind, parallel-group, multicentre study. *Clin. Drug Investig.* 30, 325–336. doi: 10.2165/11535450-000000000-00000
- Kennedy, D., Lakonishok, J., and Shaw, W. H. (1992). Accommodating outliers and nonlinearity in decision models. *J. Account. Audit. Finance* 7, 161–190. doi: 10.1177/0148558X9200700205
- Krug, R., Plihal, W., Fehm, H. L., and Born, J. (2000). Selective influence of the menstrual cycle on perception of stimuli with reproductive significance: An event-related potential study. *Psychophysiology* 37, 111–122. doi: 10.1111/1469-8986.3710111
- Leite, J., Carvalho, S., Galdo-Alvarez, S., Alves, J., Sampaio, A., and Gonçalves, O. F. (2012). Affective picture modulation: Valence, arousal, attention allocation and motivational significance. *Int. J. Psychophysiol.* 83, 375–381. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2011.12.005
- Lewis, C. A., Kimmig, A. C. S., Zsido, R. G., Jank, A., Derntl, B., and Sacher, J. (2019). Effects of Hormonal Contraceptives on Mood: A Focus on Emotion Recognition and Reactivity, Reward Processing, and Stress Response. *Curr. Psychiatry Rep.* 21:115. doi: 10.1007/s11920-019-1095-z
- Liang, S. Y., Grossman, D., and Phillips, K. A. (2012). User characteristics and out-of-pocket expenditures for progestin-only versus combined oral contraceptives. *Contraception* 86, 666–672. doi: 10.1016/j.contraception.2012.05.018
- Lisofsky, N., Riediger, M., Gallinat, J., Lindenberg, U., and Kühn, S. (2016). Hormonal contraceptive use is associated with neural and affective changes in healthy young women. *NeuroImage* 134, 597–606. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.04.042
- Lundin, C., Danielsson, K. G., Bixo, M., Moby, L., Bengtsson, H., Jawad, I., et al. (2017). Combined oral contraceptive use is associated with both improvement and worsening of mood in the different phases of the treatment cycle-A double-blind, placebo-controlled randomized trial. *Psychoneuroendocrinology* 76, 135–143. doi: 10.1016/j.psyneuen.2016.11.033
- Lusk, B. R., Carr, A. R., Ranson, V. A., Bryant, R. A., and Felmingham, K. L. (2015). Early visual processing is enhanced in the midluteal phase of the menstrual cycle. *Psychoneuroendocrinology* 62, 343–351.
- Mačiukaitė, L., Jarutytė, L., and Rukšėnas, O. (2017). The Effects of Menstrual Cycle Phase on Processing of Emotional Images. *J. Psychophysiol.* 31, 179–187. doi: 10.1027/0269-8803/a000179
- Maffei, A., Vencato, V., and Angrilli, A. (2015). Sex Differences in Emotional Evaluation of Film Clips: Interaction with Five High Arousal Emotional Categories. *PLoS One* 10:e0145562. doi: 10.1371/journal.pone.0145562
- McEvoy, K., Osborne, L. M., Nanavati, J., and Payne, J. L. (2017). Reproductive Affective Disorders: A Review of the Genetic Evidence for Premenstrual Dysphoric Disorder and Postpartum Depression. *Curr. Psychiatry Rep.* 19:94. doi: 10.1007/s11920-017-0852-0
- McLoughlin, G., Makeig, S., and Tsuang, M. T. (2014). In search of biomarkers in psychiatry: EEG-based measures of brain function. *Am. J. Med. Genet. B Neuropsychiatr. Genet.* 165, 111–121. doi: 10.1002/ajmg.b.32208
- Merkh, R. D., Whittaker, P. G., Baker, K., Hock-Long, L., and Armstrong, K. (2009). Young unmarried men's understanding of female hormonal contraception. *Contraception* 79, 228–235. doi: 10.1016/j.contraception.2008.10.007
- Monciunskaitė, R., Malden, L., Lukstaite, I., Rukšen, O., and Griksiene, R. (2019). Do oral contraceptives modulate an ERP response to affective pictures? *Biol. Psychol.* 148:107767. doi: 10.1016/j.biopsycho.2019.107767
- Montoya, E. R., and Bos, P. A. (2017). How Oral Contraceptives Impact Social-Emotional Behavior and Brain Function. *Trends Cogn. Sci.* 21, 125–136.
- Munk, A. J. L., Dickhaeuser, L., Breiting, E., Hermann, A., Strahler, J., Schmidt, N. M., et al. (2020). Females' menstrual cycle and incentive salience: Insights on neural reaction towards erotic pictures and effects of gonadal hormones. *Compr. Psychoneuroendocrinol.* 3:100006. doi: 10.1016/j.cpnec.2020.100006
- Munk, A. J. L., Wielpuetz, C., Osinsky, R., Müller, E. M., Grant, P., and Hennig, J. (2016). Specific Reaction Patterns to Distinct Positive Emotional Cues Related to Incentive Motivation in Dependence of the Taq1A-Polymorphism: Molecular Genetic Associations of Early and Late Event-Related Potentials. *Neuropsychobiology* 73, 23–34. doi: 10.1159/000441658
- Munk, A. J. L., Zoeller, A. C., and Hennig, J. (2018). Fluctuations of estradiol during women's menstrual cycle: Influences on reactivity towards erotic stimuli in the late positive potential. *Psychoneuroendocrinology* 91, 11–19. doi: 10.1016/j.psyneuen.2018.02.028
- Musey, V. C., Collins, D. C., Brogan, D. R., Santos, V. R., Musey, P. I., Martino-Saltzman, D., et al. (1987). Long term effects of a first pregnancy on the hormonal environment: Estrogens and androgens. *J. Clin. Endocrinol. Metabol.* 64, 111–118. doi: 10.1210/jcem-64-1-111
- Nasseri, P., Herrera, A. Y., Gillette, K., Faude, S., White, J. D., Velasco, R., et al. (2020). Hormonal contraceptive phases matter: Resting-state functional connectivity of emotion-processing regions under stress. *Neurobiol. Stress* 13:100276. doi: 10.1016/j.ynstr.2020.100276
- Nutt, D., Demyttenaere, K., Janka, Z., Aarre, T., Bourin, M., Canonico, P. L., et al. (2007). The other face of depression, reduced positive affect: The role of catecholamines in causation and cure. *J. Psychopharmacol.* 21, 461–471. doi: 10.1177/0269881106069938
- Oedingen, C., Scholz, S., and Razum, O. (2018). Systematic review and meta-analysis of the association of combined oral contraceptives on the risk of venous thromboembolism: The role of the progestogen type and estrogen dose. *Thromb. Res.* 165, 68–78. doi: 10.1016/j.thromres.2018.03.005
- Oinonen, K. A., and Mazmanian, D. (2002). To what extent do oral contraceptives influence mood and affect? *J. Affect. Disord.* 70, 229–240. doi: 10.1016/S0165-0327(01)00356-1

- Ott, M. A., Shew, M. L., Ofner, S., Tu, W., and Fortenberry, J. D. (2008). The influence of hormonal contraception on mood and sexual interest among adolescents. *Arch. Sex Behav.* 37, 605–613. doi: 10.1007/s10508-007-9302-0
- Pastor, Z., Holla, K., and Chmel, R. (2013). The influence of combined oral contraceptives on female sexual desire: A systematic review. *Eur. J. Contracept. Reprod. Health Care* 18, 27–43. doi: 10.3109/13625187.2012.728643
- Petersen, N., and Cahill, L. (2015). Amygdala reactivity to negative stimuli is influenced by oral contraceptive use. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 10, 1266–1272. doi: 10.1093/scan/nsv010
- Petersen, N., Kilpatrick, L. A., Goharзад, A., and Cahill, L. (2014). Oral contraceptive pill use and menstrual cycle phase are associated with altered resting state functional connectivity. *NeuroImage* 90, 24–32. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.12.016
- Petersen, N., Touroutoglou, A., Andreano, J. M., and Cahill, L. (2015). Oral contraceptive pill use is associated with localized decreases in cortical thickness. *Hum. Brain Mapp.* 36, 2644–2654. doi: 10.1002/hbm.22797
- Pletzer, B. A., and Kerschbaum, H. H. (2014). 50 years of hormonal contraception-time to find out, what it does to our brain. *Front. Neurosci.* 8:256. doi: 10.3389/fnins.2014.00256
- Pletzer, B. A., Crone, J. S., Kronbichler, M., and Kerschbaum, H. (2016). Menstrual Cycle and Hormonal Contraceptive-Dependent Changes in Intrinsic Connectivity of Resting-State Brain Networks Correspond to Behavioral Changes Due to Hormonal Status. *Brain Connectiv.* 6, 572–585. doi: 10.1089/brain.2015.0407
- Pletzer, B. A., Harris, T., and Hidalgo-Lopez, E. (2019). Previous contraceptive treatment relates to grey matter volumes in the hippocampus and basal ganglia. *Sci. Rep.* 9:11003. doi: 10.1038/s41598-019-47446-4
- Pletzer, B. A., Kronbichler, M., and Kerschbaum, H. (2015). Differential effects of androgenic and anti-androgenic progestins on fusiform and frontal gray matter volume and face recognition performance. *Brain Res.* 1596, 108–115. doi: 10.1016/j.brainres.2014.11.025
- Porcu, P., Serra, M., and Concas, A. (2019). The brain as a target of hormonal contraceptives: Evidence from animal studies. *Front. Neuroendocrinol.* 55:100799. doi: 10.1016/j.yfrne.2019.100799
- Prause, N., Steele, V. R., Staley, C., and Sabatinelli, D. (2015). Late positive potential to explicit sexual images associated with the number of sexual intercourse partners. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 10, 93–100. doi: 10.1093/scan/nsu024
- Radke, S., and Dertnl, B. (2016). Affective responsiveness is influenced by intake of oral contraceptives. *Eur. Neuropsychopharmacol.* 26, 1014–1019. doi: 10.1016/j.euroneuro.2016.03.004
- Rapkin, A. J., Morgan, M., Sogliano, C., Biggio, G., and Concas, A. (2006). Decreased neuroactive steroids induced by combined oral contraceptive pills are not associated with mood changes. *Fertil. Steril.* 85, 1371–1378. doi: 10.1016/j.fertnstert.2005.10.031
- Raymond, C., Marin, M. F., Juster, R. P., Leclaire, S., Bourdon, O., Cayer-Falardeau, S., et al. (2019). Increased frequency of mind wandering in healthy women using oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology* 101, 121–127. doi: 10.1016/j.psyneuen.2018.11.005
- Rivest, L. P. (1994). Statistical properties of Winsorized means for skewed distributions. *Biometrika* 81, 373–383. doi: 10.1093/biomet/81.2.373
- Rupp, H. A., and Wallen, K. (2007). Sex differences in viewing sexual stimuli: An eye-tracking study in men and women. *Horm. Behav.* 51, 524–533. doi: 10.1016/j.yhbeh.2007.01.008
- Sainburg, R. L. (2014). Convergent models of handedness and brain lateralization. *Front. Psychol.* 5:1092. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01092
- Sanders, S. A., Graham, C. A., Bass, J. L., and Bancroft, J. (2001). A prospective study of the effects of oral contraceptives on sexuality and well-being and their relationship to discontinuation. *Contraception* 64, 51–58. doi: 10.1016/S0010-7824(01)00218-9
- Schaffir, J. (2006). Hormonal contraception and sexual desire: A critical review. *J. Sex Marital Ther.* 32, 305–314. doi: 10.1080/00926230600666311
- Schaffir, J., Worly, B. L., and Gur, T. L. (2016). Combined hormonal contraception and its effects on mood: A critical review. *Eur. J. Contracept. Reprod. Health Care* 21, 347–355. doi: 10.1080/13625187.2016.1217327
- Scheuringer, A., Lundin, C., Dertnl, B., Pletzer, B. A., and Sundström Poromaa, I. (2020). Use of an estradiol-based combined oral contraceptives has no influence on attentional bias or depressive symptoms in healthy women. *Psychoneuroendocrinology* 113:104544. doi: 10.1016/j.psyneuen.2019.104544
- Schindler, S., Bruchmann, M., Steinweg, A. L., Moeck, R., and Straube, T. (2020). Attentional conditions differentially affect early, intermediate and late neural responses to fearful and neutral faces. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 15, 765–774. doi: 10.1093/scan/nsaa098
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., and Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology* 37, 257–261. doi: 10.1111/1469-8986.3720257
- Schupp, H. T., Flaisch, T., Stockburger, J., and Junghöfer, M. (2006). Emotion and attention: event-related brain potential studies. *Prog. Brain Res.* 156, 31–51. doi: 10.1016/S0079-6123(06)56002-9
- Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., and Hamm, A. O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: An ERP analysis. *Psychophysiology* 41, 441–449. doi: 10.1111/j.1469-8986.2004.00174.x
- Sharma, R., Fang, Z., Smith, A., and Ismail, N. (2020a). Oral contraceptive use, especially during puberty, alters resting state functional connectivity. *Horm. Behav.* 126:104849. doi: 10.1016/j.yhbeh.2020.104849
- Sharma, R., Smith, S. A., Boukina, N., Dordari, A., Mistry, A., Taylor, B. C., et al. (2020b). Use of the birth control pill affects stress reactivity and brain structure and function. *Horm. Behav.* 124:104783. doi: 10.1016/j.yhbeh.2020.104783
- Shestuyk, A. Y., Deldin, P. J., Brand, J. E., and Deveney, C. M. (2005). Reduced sustained brain activity during processing of positive emotional stimuli in major depression. *Biol. Psychiatry* 57, 1089–1096. doi: 10.1016/j.biopsych.2005.02.013
- Skovlund, C. W., Kessing, L. V., Mørch, L. S., and Lidegaard, Ø (2017). Increase in depression diagnoses and prescribed antidepressants among young girls. A national cohort study 2000–2013. *Nord. J. Psychiatry* 71, 378–385. doi: 10.1080/08039488.2017.1305445
- Smith, N. K., Jozkowski, K. N., and Sanders, S. A. (2014). Hormonal contraception and female pain, orgasm and sexual pleasure. *J. Sex Med.* 11, 462–470. doi: 10.1111/jsm.12409
- Spalek, K., Loos, E., Schickantz, N., Hartmann, F., Quervain, D., de, et al. (2019). Women using hormonal contraceptives show increased valence ratings and memory performance for emotional information. *Neuropsychopharmacol.* 44, 1258–1264. doi: 10.1038/s41386-019-0362-3
- Sulak, P. (2000). Hormone withdrawal symptoms in oral contraceptive users. *Obstet. Gynecol.* 95, 261–266. doi: 10.1016/S0029-7844(99)00524-4
- Taylor, C. M., Pritschet, L., and Jacobs, E. G. (2021). The scientific body of knowledge - Whose body does it serve? A spotlight on oral contraceptives and women's health factors in neuroimaging. *Front. Neuroendocrinol.* 60:100874. doi: 10.1016/j.yfrne.2020.100874
- Thomas, S. J., Johnstone, S. J., and Gonsalvez, C. J. (2007). Event-related potentials during an emotional Stroop task. *Int. J. Psychophysiol.* 63, 221–231. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2006.10.002
- van Heusden, A., and Fauser, B. (1999). Activity of the pituitary-ovarian axis in the pill-free interval during use of low-dose combined oral contraceptives. *Contraception* 59, 237–243. doi: 10.1016/S0010-7824(99)00025-6
- Wallwiener, C. W., Wallwiener, L. M., Seeger, H., Mück, A. O., Bitzer, J., and Wallwiener, M. (2010). Prevalence of sexual dysfunction and impact of contraception in female German medical students. *J. Sex Med.* 7, 2139–2148. doi: 10.1111/j.1743-6109.2010.01742.x
- Wallwiener, C. W., Wallwiener, L. M., Seeger, H., Schönfisch, B., Mueck, A. O., Bitzer, J., et al. (2015). Are hormonal components of oral contraceptives associated with impaired female sexual function? A questionnaire-based online survey of medical students in Germany, Austria, and Switzerland. *Arch. Gynecol. Obstet.* 292, 883–890. doi: 10.1007/s00404-015-3726-x
- Warren, A. M., Gurvich, C., Worsley, R., and Kulkarni, J. (2014). A systematic review of the impact of oral contraceptives on cognition. *Contraception* 90, 111–116. doi: 10.1016/j.contraception.2014.03.015
- Weinberg, A., and Hajcak, G. (2010). Beyond good and evil: The time-course of neural activity elicited by specific picture content. *Emotion* 10, 767–782. doi: 10.1037/a0020242
- Werner-Seidler, A., Banks, R., Dunn, B. D., and Moulds, M. L. (2013). An investigation of the relationship between positive affect regulation and depression. *Behav. Res. Ther.* 51, 46–56. doi: 10.1016/j.brat.2012.11.001
- Wichers, M., Jacobs, N., Derom, C., Thiery, E., and van Os, J. (2007). Depression: Too Much Negative Affect or Too Little Positive Affect? *Twin Res. Hum. Genet.* 10, 19–20. doi: 10.1375/twin.10.supp.19

- Wiegatz, I., and Thaler, C. J. (2011). Hormonal contraception—what kind, when, and for whom? *Dtsch. Arztebl. Int.* 108, 495–505. doi: 10.3238/arztebl.2011.0495
- Wit, A. E., de, Booij, S. H., Giltay, E. J., Joffe, H., Schoevers, R. A., et al. (2020). Association of Use of Oral Contraceptives With Depressive Symptoms Among Adolescents and Young Women. *JAMA Psychiatry* 77, 52–59. doi: 10.1001/jamapsychiatry.2019.2838
- Woodard, T. L., Nowak, N. T., Balon, R., Tancer, M., and Diamond, M. P. (2013). Brain activation patterns in women with acquired hypoactive sexual desire disorder and women with normal sexual function: A cross-sectional pilot study. *Fertil. Steril.* 100, 1068–1076. doi: 10.1016/j.fertnstert.2013.05.041
- Zethraeus, N., Dreber, A., Ranehill, E., Blomberg, L., Labrie, F., Schoultz, B., et al. (2016). Combined Oral Contraceptives and Sexual Function in Women—a Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 101, 4046–4053. doi: 10.1210/jc.2016-2032
- Zethraeus, N., Dreber, A., Ranehill, E., Blomberg, L., Labrie, F., Schoultz, B., et al. (2017). A first-choice combined oral contraceptive influences general well-being in healthy women: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Fertil. Steril.* 107, 1238–1245. doi: 10.1016/j.fertnstert.2017.02.120
- Zhang, W., Zhou, R., Wang, Q., Zhao, Y., and Liu, Y. (2013). Sensitivity of the late positive potentials evoked by emotional pictures to neuroticism during the menstrual cycle. *Neurosci. Lett.* 553, 7–12. doi: 10.1016/j.neulet.2013.06.037
- Zhu, X., Wang, X., Parkinson, C., Cai, C., Gao, S., and Hu, P. (2010). Brain activation evoked by erotic films varies with different menstrual phases: An fMRI study. *Behav. Brain Res.* 206, 279–285. doi: 10.1016/j.bbr.2009.09.027
- Zimmerman, Y., Eijkemans, M. J. C., Coelingh Bennink, H. J. T., Blankenstein, M. A., and Fauser, B. C. J. M. (2014). The effect of combined oral contraception on testosterone levels in healthy women: A systematic review and meta-analysis. *Hum. Reprod. Update* 20, 76–105. doi: 10.1093/humupd/dmt038

Conflict of Interest: 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.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2022 Schmidt, Hennig and Munk. 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) and the copyright owner(s) 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.

8.2 Publikation 2

Schmidt, N. M., Hennig, J. & Munk, A. J. L. (2024). Interplay between sexual excitation and inhibition: Impact on sexual function and neural correlates of erotic stimulus processing in women. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 18, Artikel 1386006. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2024.1386006>



OPEN ACCESS

EDITED BY
James G. Pfaus,
Charles University, Czechia

REVIEWED BY
Erick Janssen,
KU Leuven, Belgium
Yansong Li,
Nanjing University, China

*CORRESPONDENCE
Norina M. Schmidt
✉ Norina.M.Schmidt@psychol.uni-giessen.de

RECEIVED 14 February 2024
ACCEPTED 26 April 2024
PUBLISHED 15 May 2024

CITATION
Schmidt NM, Hennig J and Munk AJL (2024)
Interplay between sexual excitation
and inhibition: impact on sexual function
and neural correlates of erotic stimulus
processing in women.
Front. Behav. Neurosci. 18:1386006.
doi: 10.3389/fnbeh.2024.1386006

COPYRIGHT
© 2024 Schmidt, Hennig and Munk. This is an
open-access article distributed under the
terms of the [Creative Commons Attribution
License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use, distribution or
reproduction in other forums is permitted,
provided the original author(s) and the
copyright owner(s) 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.

Interplay between sexual excitation and inhibition: impact on sexual function and neural correlates of erotic stimulus processing in women

Norina M. Schmidt*, Juergen Hennig and Aisha J. L. Munk

Department of Differential and Biological Psychology, Justus-Liebig-University Giessen, Giessen, Germany

Background: As outlined by the dual control model (DCM), individual differences in the regulation of sexual arousal following sexual stimulation depend on two distinct neurophysiological processes: sexual excitation (SE) and sexual inhibition (SI). Although associations with sexual function, behavior, and cue processing have been demonstrated in previous research, underlying neural correlates remain insufficiently explored. Moreover, interactive effects of SE/SI as proposed by the DCM, as well as factors impacting SE/SI properties, such as the use of oral contraceptives (OCs), have not received adequate attention in existing research.

Methods: 90 healthy, sexually active women ($n = 51$ using OCs, $n = 39$ naturally cycling) completed an Emotional-Picture-Stroop-Paradigm (EPSP) while a 64-channel EEG was recorded. LPP amplitudes toward erotic and neutral stimuli were consecutively computed as a marker of motivational salience and approach motivation. Additionally, women provided self-reports of SE/SI and sexual function. Moderation analyses were performed to assess interactive effects of SE/SI in predicting LPP amplitudes and sexual function.

Results: Sexual function was negatively associated with SI levels but unrelated to SE. Higher SI was associated with reduced LPP amplitudes in response to erotic stimuli. This negative association was, however, attenuated for women high in SE, suggesting interactive effects of SE/SI. Furthermore, women using OCs reported lower SE compared to naturally cycling women.

Conclusion: The observed findings provide additional psychophysiological evidence supporting the DCM and underscore the relevance of interactive SE/SI effects in stimulus processing and approach motivation. They also highlight the possible impact of OCs on psychosexual variables that warrants further research.

KEYWORDS

erotic stimulus processing, sexual function, sexual excitation, sexual inhibition, dual control model, LPP amplitudes, oral contraceptives, event-related potentials

1 Introduction

Sexual desire can be elicited by various internal and external situational cues, such as sexual fantasies, physical closeness, the touch of an attractive partner, or romantic settings. It is not the situation alone, however, that determines sexual responses. Individuals exhibit stable interindividual differences in their responsiveness to these situational cues. The degree to which an individual is responsive to erotic cues is referred to as sexual excitation (SE). However, emerging sexual desire can also be dampened by factors like self-consciousness, concerns about one's own sexual performance or possible risks of pregnancy and sexually transmitted diseases (STDs), along with “not-just-right”-feelings, or lack of interpersonal trust. Again, individuals vary in the extent to which they are bothered by these inhibiting situational aspects – a concept referred to as sexual inhibition (SI). According to the dual control model (DCM) (Bancroft and Janssen, 2000; Janssen and Bancroft, 2007; Bancroft et al., 2009), excitatory and inhibitory forces operate independently from each other, and adaptive sexual responses are based on a balanced interplay between these dynamics. Correspondingly, SE and SI have been considered as the gas pedal and brake of sexual arousal, respectively (Janssen and Bancroft, 2023). Affirming the theoretical assumption of independent forces, self-reported propensities for SE and SI have been shown to be either uncorrelated (Janssen et al., 2002a; Quinta Gomes et al., 2018), or to express only small positive or negative correlations (Graham et al., 2006; Velten et al., 2016a).

In laboratory studies, associations between self-report measures of SE/SI and subjective, as well as bodily reactions to erotic stimulation have been reported. Results are, however, heterogeneous. In one of the first studies, Janssen et al. (2002b) reported higher genital and subjective sexual arousal to an erotic film clip in males high vs. low in SE. Furthermore, males experiencing less threat in association with sexuality, which can be understood as a facet of low SI, had stronger genital responses to a film clip indicating coercive sexual interactions. In a later study in a gender-mixed sample, Hodgson et al. (2016) reported significant associations between SE/SI and genital and subjective sexual arousal solely in women. While the findings regarding genital arousal supported the DCM framework, i.e., higher genital arousal was associated with higher SE and lower SI, results regarding subjective arousal were contradictory. Subjective arousal was unrelated to SI and negatively associated with SE. The authors argued that women high in SE might have more extensive experience with erotic content and thus perceive used film clips as less stimulating. Other studies found no associations between SE/SI and genital or subjective sexual arousal but reported higher sexual concordance, i.e., increased coherence between genital and subjective sexual arousal, in females with higher SE levels. Individuals high in SE might show greater sensitivity to bodily changes and thus perceive sexual arousal more precisely (Clifton et al., 2015). These laboratory studies used devices such as thermographic cameras, or vaginal photoplethysmography to measure genital arousal. The invasive nature of such techniques in a laboratory setting might however, be perceived as uncomfortable and shameful, therefore altering bodily and subjective arousal processes, especially in individuals prone to SI. Using self-reports of habitual sexual function (SF) and assessing neural, rather than

genital, correlates of erotic stimulus processing thus constitutes a valuable addition to previous research. Self-report instruments assess regular, in contrast to laboratory, patterns of sexual behavior and arousal, including subjective arousal, lubrication, and frequency of orgasms (Rosen et al., 2000) and assessment of neural correlates associated with erotic stimulus processing is less invasive compared to thermographic cameras or vaginal photoplethysmography. It is, therefore, less likely to cause shame and discomfort in participants.

It is also a suitable approach to examine whether differential perception and processing of erotic stimuli underlie previously observed differential subjective and genital reactions in individuals with varying propensities for SE and SI. According to cognitive and information processing models, attending to and processing of sexual cues is necessary for sexual arousal and desire to occur (Janssen et al., 2000; Jong, 2009; Tavares et al., 2020). Thus, to gain a deeper understanding of SE and SI and resolve inconsistencies, it could be insightful to explore underlying processes, such as attention allocation and approach motivation.

So far, studies on attentional processes have centered on SE, as this DCM dimension is more strongly associated with processing of external sexual information (Janssen and Bancroft, 2023). Initial evidence revealed associations between SE and target detection time, as a measure of attentional engagement, in a dot probe task (Prause et al., 2008). Participants high in SE required more time to detect a target that appeared under a sexual vs. neutral image. Diverging interpretations were discussed by the authors: participants low in SE might experience higher levels of novelty when presented with erotic stimulus material, leading to increased attention allocation and faster reaction times. Participants high in SE, in turn, might require more time to disengage from sexual stimuli displayed before the dot, resulting in slower reaction times (Prause et al., 2008). However, in a later study, using a letter discrimination task with erotic stimuli as distractors, no effect of SE on attention was noted (Carvalho et al., 2018). Both studies examined mixed samples, consisting of approximately 50% males and females, and did not consider SI. In a recent study using an event-related potential (ERP) approach, Aguiar et al. (2023), however, reported associations between threat of performance failure, a facet of SI, and early automatic attentional processing of romantic and erotic stimulus material. Participants with a high propensity for SI showed elevated N200 amplitudes and reduced N200 latencies in response to these stimuli, suggesting amplified automatic processing. The N200 is an ERP component associated with novelty detection, visual attention and cognitive control (Folstein and van Petten, 2008). The authors argued that individuals worrying extensively about sexual performance could regard intimate stimuli as intimidating, leading to enhanced initial processing. SE was not associated with early stimulus processing (P100, P200, N200). Importantly, the study aimed to examine possible mediating effects of SE/SI in the relationship between neuroticism and erotic stimulus processing. Results indicated a complete mediation of the association between neuroticism and stimulus processing by SI (Aguiar et al., 2023).

To enhance our understanding of the attentional and motivational dynamics underlying SE/SI, the use of ERPs constitutes a particularly well-suited and advantageous technique. The high temporal resolution of ERP components and their well-described associations with specific cognitive and emotional

processes (Hajcak et al., 2010), including those associated with erotic stimulus processing (Huberman et al., 2023), allow for the specific identification of different phases of stimulus processing affected by tendencies for SE/SI. So far, however, the study from Aguiar et al. (2023) was the only one to apply an ERP-based approach to assess neural correlates of the DCM framework. As early, attentional stages of stimulus processing (≤ 300 ms) were the focus, later ERPs, such as the late positive potential (LPP), which begins approximately 400 ms after stimulus onset and persists for several hundred milliseconds (Hajcak and Olvet, 2008), were not examined. Generally, the LPP is regarded as a neurophysiological marker of motivated attention, motivational salience and approach motivation (Ferrari et al., 2008; Gable and Harmon-Jones, 2013) and is associated with reward processing (Meadows et al., 2016). These psychological functions have previously been found to be associated with SE/SI (Prause et al., 2008; Gregory et al., 2015; Unterhorst et al., 2018; Turner et al., 2019). Additionally, the LPP has been shown to be especially sensitive to erotic content, with higher LPP amplitudes observed for erotic compared to neutral and, moreover, other emotional stimuli (van Lankveld and Smulders, 2008; Schmidt et al., 2022). Therefore, it might be a particularly suitable marker for studying neural correlates of SE/SI effects.

With regard to approach motivation, for instance, behavioral tasks suggest differential associations with SE and SI. Turner et al. (2019) conducted an implicit approach-avoidance task in a heterosexual male sample. SE predicted heightened approach bias (i.e., shorter reaction times in pull vs. push trials) to pictures of nude women. Threat of performance failure (SI), in turn, predicted an elevated avoidance bias toward these stimuli. In an fMRI study conducted in a female sample, SE was also found to be associated with greater reactivity to sexual cues in the ventral tegmental area (VTA), a key region in reward processing. SI in turn, was not associated with VTA activity (Gregory et al., 2015). Unterhorst et al. (2018) examined a greater variety of brain regions and reported positive associations between SI and activity in the anterior insula and prefrontal areas. SE was associated with activity in brain areas known to be involved in erotic stimulus processing, including the cerebellum, the inferior parietal lobules, the anterior insula, the dorsal anterior cingulate gyrus and the dorsal striatum.

In summary, previous research has highlighted the relevance of SE regarding attentional and motivational processes associated with erotic stimulus processing (Prause et al., 2008; Gregory et al., 2015). However, recent evidence also strengthens the importance of SI (Unterhorst et al., 2018; Turner et al., 2019; Aguiar et al., 2023). Notably, the DCM suggests that sexual arousal and behavior cannot be fully understood without considering the dynamic interplay of the SE/SI system – something that has not systematically been done in prior research, which predominantly focused on the independent impact of both forces (Janssen and Bancroft, 2023). Results of an erotic film clip study, conducted by Velten et al. (2016c), nevertheless highlighted the importance of considering interactive effects. They reported that for low levels of SI, SE positively predicted genital sexual arousal in women. For high SI, however, the pattern was reversed, with SE negatively predicting sexual arousal. Importantly, neither SE nor SI had direct effects on genital arousal. The authors argued that high levels of both dimensions could lead to inner conflicts reducing genital arousal. Importantly, such interference effects can only be

examined when SE and SI are analyzed simultaneously. Further studies in this field are highly warranted, particularly given the consistent associations of SE and SI with risky sexual behavior and sexual dysfunctions. According to the DCM, these problems can emerge when the balanced interplay between SE and SI is disturbed and either of these forces is diminished or exaggerated (Bancroft et al., 2009). Heightened excitatory properties, which outweigh weak inhibitory processes, increase susceptibility to risky sexual behavior or sexual impulsivity. Correspondingly, higher SE has been shown to predict younger age at first sexual intercourse, higher number of intercourse partners and one-night stands as well as condom abandonment. Higher SI, in turn, showed reversed patterns with these risk behaviors (Velten et al., 2016b; Granados et al., 2017). On the contrary, an overactivation of inhibitory processes accompanied by low excitatory dynamics might predispose individuals to experience sexual dysfunctions (Bancroft et al., 2009). Velten et al. (2019a), for instance, examined a sample of 964 couples and observed consistent results in both genders: Higher SE related to higher sexual function (SF), while a negative association emerged for SI. In clinical samples, erectile dysfunctions in males and orgasm difficulties in females were associated with higher SI levels but unrelated to SE (Moura et al., 2020; Quinta-Gomes et al., 2022). Neural activity patterns in women diagnosed with hyposexual desire disorder (HSDD), however, support the dual process approach. In their study, Bianchi-Demicheli et al. (2011) reported diminished reward-related processing of erotic stimuli alongside heightened higher-order processing in parietal, frontal, and extrastriate cortices among HSDD patients as compared to healthy controls.

To sum up, research on associations of SE/SI with erotic stimulus processing and SF is highly pertinent but currently limited. Given the reported associations between SE/SI and clinically relevant phenomena such as risky sexual behavior and sexual dysfunctions, gaining a more profound understanding of underlying processes could offer valuable insights for informing treatment strategies. Based on the theoretic framework of the DCM, it is crucial to pay special attention to interactive effects of SE/SI as opposed to independent contributions. Given that diverging association patterns between SE/SI and sexual arousal have been described in male vs. female samples (Clifton et al., 2015; Hodgson et al., 2016; Janssen and Bancroft, 2023), gender-mixed samples could mask complex SE/SI interactions and render it difficult to correctly identify them. Importantly, gender differences have been reported for SE and SI properties, with higher SE levels in males and higher SI levels in females (Carpenter et al., 2008). The dynamic interplay of SE and SI might, therefore, depend on the relative strength of each force. In this regard, it is crucial to further consider factors that could systematically impact SE/SI properties. Although SE/SI are trait-dimensions that show substantial temporal stability, factors such as change in partnership status or SF have been shown to impact SE/SI scales (Velten et al., 2019b). Still, use of oral contraceptives (OCs), as an important factor known to impact female sexuality, has not previously been considered in SE/SI research. Yet, numerous studies indicate reduced SF and sexual desire (Wallwiener et al., 2010; Pastor et al., 2013; Huang et al., 2020) as well as reduced neural (Abler et al., 2013; Monciunskaitė et al., 2019) and genital (Handy et al., 2023) reactivity toward erotic stimulus material in OC users. These aspects show strong overlap with SE as this dimension indicates responsiveness to erotic cues

(Bancroft et al., 2009). If OC use affected SE, it might also alter the dynamic interplay of SE/SI, leading to diverging patterns of associations with SF and erotic stimulus processing in users vs. non-users. Although prevalence and comorbidity of sexual dysfunctions are higher in women compared to men (Laumann et al., 1999; Rosen, 2000; McCabe et al., 2016), research on sexuality and erotic stimulus processing has predominantly been focusing on male samples or gender differences, and studies exclusively examining the neural correlates of erotic stimulus processing in women are sparse (Ziogas et al., 2023). In light of this gap, the present study focuses on a female sample comprising healthy naturally cycling (NC) and OC using women.

Based on previously reported open questions, this study pursued three primary objectives:

- (1) To assess neural correlates of SE/SI properties during erotic stimulus processing in females using ERP techniques.
- (2) To examine interactive, as opposed to independent, effects of SE/SI on self-reported SF and neural correlates of erotic stimulus processing.
- (3) To exploratorily examine the modulatory influences of OC use on SE/SI properties and SE/SI interactions.

Our specific expectations were as follows:

- (1) SI and SE would demonstrate interactive effects in predicting a) self-reported SF and b) LPP amplitudes toward erotic stimuli.
- (2) OC users would report lower SE compared to NC women.

We also aimed to exploratorily examine whether OC use moderates the association between SE/SI and (a) self-reported SF and (b) LPP amplitudes. Given the absence of prior research in this field, we did not have strong a-priori hypotheses regarding the direction of the SE/SI interaction effect or the moderating role of OC use.

2 Materials and methods

2.1 Study design

Data was collected as part of a comprehensive research project that examined the association of menstrual cycle phases, OC use, and personality traits with emotional stimulus processing in women. Participants in the study either had natural menstrual cycles or were using OCs. Results regarding these group comparisons have been reported elsewhere (Schmidt et al., 2022). As part of this research project, women were assessed on three measurement occasions corresponding to distinctive cycle phases (follicular phase, ovulatory phase, luteal phase in NC women; first and second week of OC treatment as well as OC break in OC users). Order of phases was randomized. On each measurement occasion, women completed an Emotional Picture Stroop Paradigm (EPSP) while an EEG was recorded, and ERPs were subsequently analyzed. For the current research question, only ERP data collected during the first measurement occasion were considered to ensure novelty of used stimulus material and exclude habituation effects.

2.2 Sample characteristics

Women were recruited via circular mails and flyers distributed at the Justus-Liebig-University in Giessen. After communication of initial interest, eligibility criteria were clarified in a standardized questionnaire- and telephone-based screening. Following criteria were checked: (1) age between 18 and 35, (2) nulliparous, (3) heterosexual, (4) absence of any physical or psychological health condition, (5) no intake of medication with central nervous system (CNS) or endocrine effects, (6) non-smoker, (7) right-handedness, (8) BMI > 18 < 26 kg/m², (9) normal or corrected-to-normal vision and intact color vision. Women had either used combined OCs for at least 6 months in a 21/7 regimen or had not used any form of hormonal contraception for the same period of time. For the latter group, a regular menstrual cycle with a mean cycle duration of 26–30 days was mandatory.

A total of $N = 117$ female participants completed data assessment. $n = 3$ participants were excluded due to insufficient EEG data quality. Of the remaining $n = 114$ participants, $n = 57$ were NC, $n = 57$ were using combined OCs. Of these, $n = 6$ OC users and $n = 18$ NC women reported to not have had sexual intercourse within the past month. Due to the significantly higher proportion of NC women reporting absence of sexual intercourse, $\chi^2_{(1)} = 7.60$, $p = 0.006$, analyses were limited to $n = 90$ women ($n = 51$ using OCs, $n = 39$ naturally cycling) who reported sexual intercourse. This was done to avoid confounding of OC status and sexual activity, as former research indicated associations of LPP amplitudes and number of sexual intercourse partners as an indicator of sexual novelty/deprivation (Prause et al., 2015). Furthermore, the FSFI total score does not hold valid information for those without intercourse (Bernier et al., 2004). Women without sexual activity within the past month reported higher SI, $t_{(112)} = 2.65$, $p = 0.009$, $d = 0.61$, but did not differ from sexually active women regarding SE, $t_{(112)} = -0.65$, $p = 0.517$. Of the sexually active women, $n = 15$ NC women were assessed during the follicular phase, $n = 10$ during ovulation and $n = 14$ during the luteal phase. OC users were assessed during the first week of a new OC blister ($n = 24$), during the second week ($n = 15$) and during the OC break ($n = 12$). Mean age in the sample was 22.64 years (SD = 2.07), NC and OC women did not differ significantly regarding age, $t_{(88)} = 1.86$, $p = 0.067$, although there was a tendency for NC women ($M \pm SD$: 23.10 \pm 2.22) to be slightly older than OC women ($M \pm SD$: 22.29 \pm 1.90). $N = 80$ women reported to be in a relationship, whereas $n = 10$ reported being single. Proportion of single and partnered women did not differ between OC and NC women, $\chi^2_{(1)} = 0.20$, $p = 0.652$.

Participants were compensated with 10 €/h or research participation credit. Written informed consent was obtained prior to assessment. The study was approved by the local ethics committee of the University of Giessen, Department of Psychology (application number: 2018-0022) and was conducted in agreement with the declaration of Helsinki.

2.3 Measures

SE/SI were assessed using the German version (Velten et al., 2016a) of the Sexual Excitation/Sexual Inhibition Inventory for

Women (SESII-W) (Graham et al., 2006). It was included in an online survey assessing sociodemographic as well as personality characteristics. Participants were instructed to complete the survey prior to their last appointment. The SESII-W uses 23 and 13 items to assess SE and SI, respectively. These describe situational circumstances that might arouse (SE) or inhibit (SI) sexual arousal. Level of agreement to each statement is indicated on a scale of 1 (strongly disagree) to 4 (strongly agree). The SE factor is comprised of five second-order factors: Arousability, Sexual Power Dynamics, Setting, Partner Characteristics, and Smell. SI is comprised of the second-order factors Relationship Importance, Concerns about Sexual Function and Arousal Contingency. In the current sample, Cronbach's alpha was $\alpha = 0.80$ for SE and $\alpha = 0.71$ for SI. Confirming the assumption of relatively independent forces, SE and SI showed only a small negative correlation with marginal significance, $r = -0.21$, $p = 0.051$.

SF was assessed using the German version (Bernier et al., 2004) of the Female Sexual Function Index (FSFI) by Rosen et al. (2000) that was also included in the online survey package. The FSFI uses 19 items to assess six subcomponents of female SF, namely desire (two items), arousal, lubrication (each four items), orgasm, satisfaction and pain (each three items) which add up to a total score, with higher scores indicating higher SF. The score is indicative of SF in the past 4 weeks. For each item assessing sexual activity, a "no attempt of sexual activity/intercourse" answer category is given in which case the total score should not be interpreted (Bernier et al., 2004). Answers are collected using five/six-point Likert scales. Cronbach's alpha for the total score was $\alpha = 0.94$.

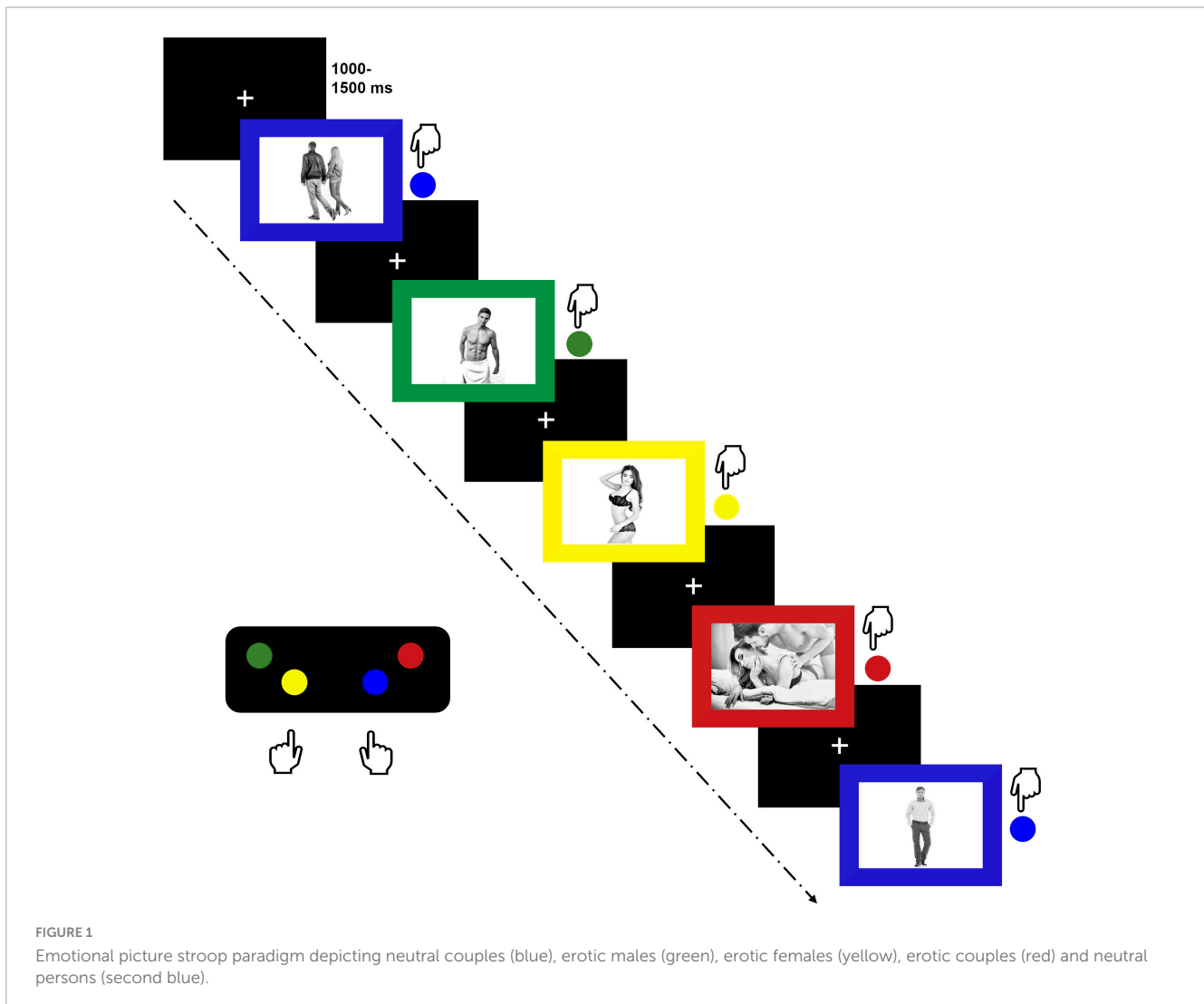
2.4 Emotional picture stroop paradigm (EPSP)

Stimulus processing was evaluated using an EPSP. This paradigm has proven to be a suitable implicit measure of sexual interest, especially when combined with ERP techniques (Ciardha and Gormley, 2009, 2012; Munk et al., 2018, 2020) and several studies confirm the usability of Emotional Stroop Paradigms for eliciting ERPs (Thomas et al., 2007; Bertsch et al., 2009; Franken et al., 2009; Munk et al., 2018, 2020; Imbir et al., 2021; Paul et al., 2022). Due to the comprehensive nature of the overall project, several emotional stimulus categories were included (Schmidt et al., 2022). However, regarding SE/SI, only the following stimulus categories were considered in the present study: Pictures of scantily dressed erotic couples in intimate poses (couple erotic), pictures of scantily dresses males (male erotic) and females (female erotic) in upright positions, pictures of fully dressed couples (couple neutral) and fully dressed single individuals (person neutral) in neutral poses and neutral facial expressions. Images for the EPSP were obtained from www.shutterstock.com. All pictures were grayscale and displayed in a size of 640 pixels \times 480 pixels. Pictures were embedded in colored frames (red, blue, yellow, green). During the task, participants were instructed to indicate the color of the frame by pressing a respective button on a response pad (MiliKey™ MH-5; Lab Hackers Research Equipment, Halifax, Canada). Based on the

button arrangement, they were instructed to place their right index and middle fingers on the blue and red buttons and their left index and middle fingers on the yellow and green buttons (see Figure 1). Pictures were presented until participants executed a response and they were instructed to press the respective button as fast and as accurately as possible. Trials were separated using an inter-trial interval of random duration (range 1,000 – 1,500 ms, $M = 1,250$). The color identification task was used to limit conscious evaluative processes related to the erotic stimulus material. Furthermore, it ensured sustained attention to the task, which was of special importance as differences in mind wandering tendencies have been observed between OC using and NC women (Raymond et al., 2019). The EPSP included eight pictures of each stimulus category (indicated in parentheses), presented twice in each of the four colors (red, green, blue, yellow) as illustrated in Figure 1. This resulted in a total of 64 trials per stimulus category. Trials were randomized and divided into four blocks with 30 s breaks in between. Button-arrangement was introduced and recalled using practice trials before each block. The task was presented on a 24" screen using Presentation Software 21.1 (Neurobehavioral Systems Inc. Albany, CA, United States). Participants completed the paradigm in approximately 20 min. More detailed information on the task can be found in Schmidt et al. (2022).

2.5 EEG recording

EEG recording was performed using a 64-channel active (Ag/AgCl) electrode system (Brain Products GmbH, Gilching, Germany). Brain Vision software was used for recording (Brain Vision Recorder Version 1.22.0101) and offline processing (Brain Vision Analyzer Version 2.2.0). Signals were digitized using a BrainAmp DC amplifier with a sampling rate of 500 Hz and a band-pass filter from 0.1 to 80 Hz. All sites were re-referenced online to FCz and impedance at each sensor was kept below 20 k Ω . Offline processing started with the application of a 0.5 Hz (12 dB/oct per order) high-pass Butterworth IIR. Data was then visually screened for non-ocular artifacts, and these were subsequently excluded. An Independent Component Analysis (ICA) as implemented in Brain Vision Analyzer was applied to remove blink- and eye-movement artifacts. The resulting data was filtered using a 30 Hz (12 dB/oct per order) low-pass Butterworth IIR and a 50 Hz Notch-filter. After re-referencing to an average reference, EEG epochs were segmented beginning 200 ms before and ending 1000 ms after stimulus presentation. A pre-stimulus interval ranging from -200 to 0 ms was used for baseline correction. LPP amplitudes were quantified as mean amplitudes in the temporal window from 400 to 800 ms. Amplitudes were analyzed at a symmetrical parieto-central electrode cluster including electrodes CP1, CP2, P1, and P2. Time window and electrode sites were chosen based on visual inspection of grand average waveforms and in accordance with prior research (Kuhr et al., 2013; Schindler et al., 2020). To further verify this selection, correlation analyses were conducted to ensure that chosen electrodes form a homogenous cluster of neural activity. Amplitudes at all chosen electrodes correlated significantly with each other (all $p < 0.001$).



2.6 Statistical analyses

Statistical analyses were conducted using IBM SPSS Statistics Version 29 (IBM Corp., Somers, NY, United States). Prior to analyses, LPP amplitudes were averaged to receive one score for erotic (averaged over erotic couples, males and females) and one score for neutral stimuli (averaged over neutral single individuals and couples), respectively. For the manipulation check, a repeated measures (rm)ANOVA (within-subjects factor: stimulus category, two steps) was conducted to assess differences between erotic and neutral stimuli regarding LPP amplitudes. As women were assessed in different menstrual cycle/OC regimen phases with possible impact on stimulus processing (Krug et al., 2000; Dreher et al., 2007; Munk et al., 2018, 2020; Schmidt et al., 2022), phase effects regarding the LPP were tested prior to hypothesis testing by computing rmANOVAs separately for each group (between-subjects factors: cycle phase/OC phase, three steps; within-subjects factor: stimulus category, two steps). Regarding FSFI and SE/SI scores, possible associations with relationship status (Wylomanski et al., 2014; Velten et al., 2019b) were tested using two-sample *t*-tests.

Differences between NC and OC women in SE/SI properties were tested using two-sample *t*-tests.

Moderation hypotheses were tested using Hayes model 3 of the SPSS PROCESS Macro (v 4.2) (Hayes, 2018) with a 95% bootstrapping approach ($N = 5000$). SI was set as the predictor and SE and OC-status were added as moderators, respectively (see Figure 2). Self-reported SF (M1) and LPP amplitudes toward erotic (M2) and neutral (M3) stimuli were set as dependent variables, respectively. OC status was effect-coded ($-1 = \text{NC}$, $1 = \text{OC}$) and SE and SI were mean centered.

3 Results

3.1 Manipulation check

Regarding the LPP amplitudes, there was a significant main effect of stimulus category, $F_{(1,89)} = 87.52$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.496$, with erotic stimuli eliciting higher LPP amplitudes (μV) compared to neutral ones (Table 1). Grand averages are illustrated in Figure 3. LPP amplitudes did not differ in dependency of menstrual cycle phase or OC regimen phase, all $p > 0.05$. Single women did

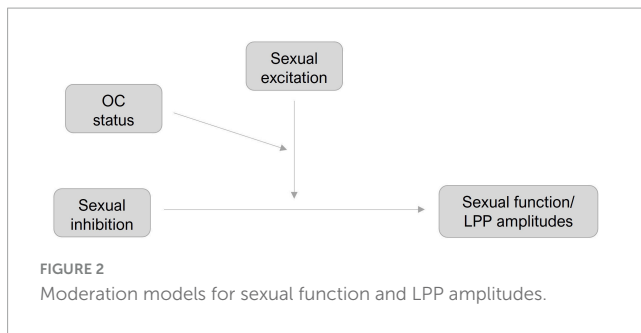


TABLE 1 Descriptive statistics of sexual excitation, sexual inhibition, female sexual function score and mean LPP amplitudes (μV) for the entire sample, naturally cycling (NC) and oral contraceptive using (OC) women.

	Entire sample ($n = 90$)	OC ($n = 51$)	NC ($n = 39$)
Sexual excitation			
M \pm SD	2.74 \pm 0.41	2.63 \pm 0.42	2.88 \pm 0.35
Range	1.46; 3.83	1.46; 3.46	2.11; 3.83
Sexual inhibition			
M \pm SD	2.63 \pm 0.50	2.72 \pm 0.46	2.53 \pm 0.53
Range	1.42; 3.75	1.92; 3.75	1.42; 3.47
Female sexual function index (FSFI) score			
M \pm SD	28.32 \pm 4.20	27.61 \pm 4.24	29.25 \pm 4.02
Range	18.00; 35.40	18.00; 34.60	19.90; 35.40
Mean LPP amplitudes (in μV) erotic			
M \pm SD	1.46 \pm 1.09	1.38 \pm 1.08	1.56 \pm 1.10
Range	-0.81; 4.36	-0.81; 3.90	-0.41; 4.36
Mean LPP amplitudes (in μV) neutral			
M \pm SD	0.98 \pm 1.07	0.91 \pm 1.06	1.07 \pm 1.08
Range	-1.50; 3.65	-1.50; 3.55	-0.97; 3.65

not differ from women in a committed relationship regarding SE, $t_{(88)} = -0.82$, $p = 0.412$, SI, $t_{(88)} = 0.61$, $p = 0.547$, or the FSFI score, $t_{(88)} = -0.90$, $p = 0.370$.

3.2 Sexual excitation and inhibition in dependency of OC use

Women using OCs reported significantly lower SE as compared to NC women, $t_{(88)} = 3.03$, $p = 0.003$, $d = 0.65$, but did not differ regarding SI, $t_{(88)} = -1.81$, $p = 0.074$. Descriptive statistics are presented in [Table 1](#).

3.3 Sexual function in dependency of sexual excitation, sexual inhibition and OC use

Regarding SF, the moderation model, $F_{(7,82)} = 3.62$, $p = 0.002$, $R^2 = 0.24$ (see [Table 2](#)), revealed a significant negative association between SI and FSFI scores as illustrated in [Figure 4](#). Neither SE, nor the SE \times SI Interaction or any OC-related interaction term were statistically significant.

3.4 LPP amplitudes toward erotic stimuli in dependency of sexual excitation, sexual inhibition and OC use

The significant moderation model regarding LPP amplitudes toward erotic stimuli, $F_{(7,82)} = 2.33$, $p = 0.032$, $R^2 = 0.17$ (see [Table 3](#)), indicated a significant effect of SI as well as a significant SE \times SI interaction. The three-way interaction was not significant indicating that the size of the SE \times SI interaction did not differ significantly between OC using and NC women. The significant SE \times SI interaction indicated that, in both, NC and OC women, SE and SI interacted to predict LPP amplitudes. Simple slope analysis showed that negative effects of SI on LPP amplitudes were significant only among low, $t_{(86)} = -3.96$, $b = -1.30$, $p < 0.001$, and medium, $t_{(86)} = -3.20$, $b = -0.72$, $p = 0.002$, but not among high levels of SE, $t_{(86)} = -0.54$, $b = -0.15$, $p = 0.592$, (see [Figure 5](#)).

3.5 LPP amplitudes toward neutral stimuli in dependency of sexual excitation, sexual inhibition and OC use

Regarding LPP amplitudes toward neutral stimuli, the moderation model was not significant, $F_{(7,82)} = 1.72$, $p = 0.116$, indicating that neither SE/SI nor OC status or respective interaction terms significantly predicted LPP amplitudes toward neutral stimuli.

4 Discussion

4.1 General discussion

The primary objective of this study was to investigate the interactive effects of SE and SI on self-reported SF and the neural processing of erotic stimuli. In addition, potential effects of OC use on SE/SI properties and their dynamic interaction were evaluated. Regarding self-reported SF, results revealed a negative association with SI levels, without significant relationships regarding SE or SE/SI interactions. However, when examining LPP amplitudes toward erotic stimuli, SE/SI interactions emerged, with the diminishing effects of SI on LPPs being attenuated among high SE levels. Moreover, the findings indicated lower SE in OC users compared to NC women with no significant differences observed in SI levels.

4.1.1 Sexual function

In the current study, women with stronger SI properties reported lower SF. This is in line with previous studies reporting a prominent role of SI regarding sexual dysfunctions ([Moura et al., 2020](#); [Quinta-Gomes et al., 2022](#)) and negative associations between SI and genital arousal ([Janssen et al., 2002b](#); [Hodgson et al., 2016](#)). Highly inhibited individuals exhibit greater sensitivity to dampening situational cues, such as relationship insecurity, or performance concerns. Consequently, they might feel insecure with a partner, experience excessive worry or anxiety during sexual intercourse and find it difficult to relax. This might result

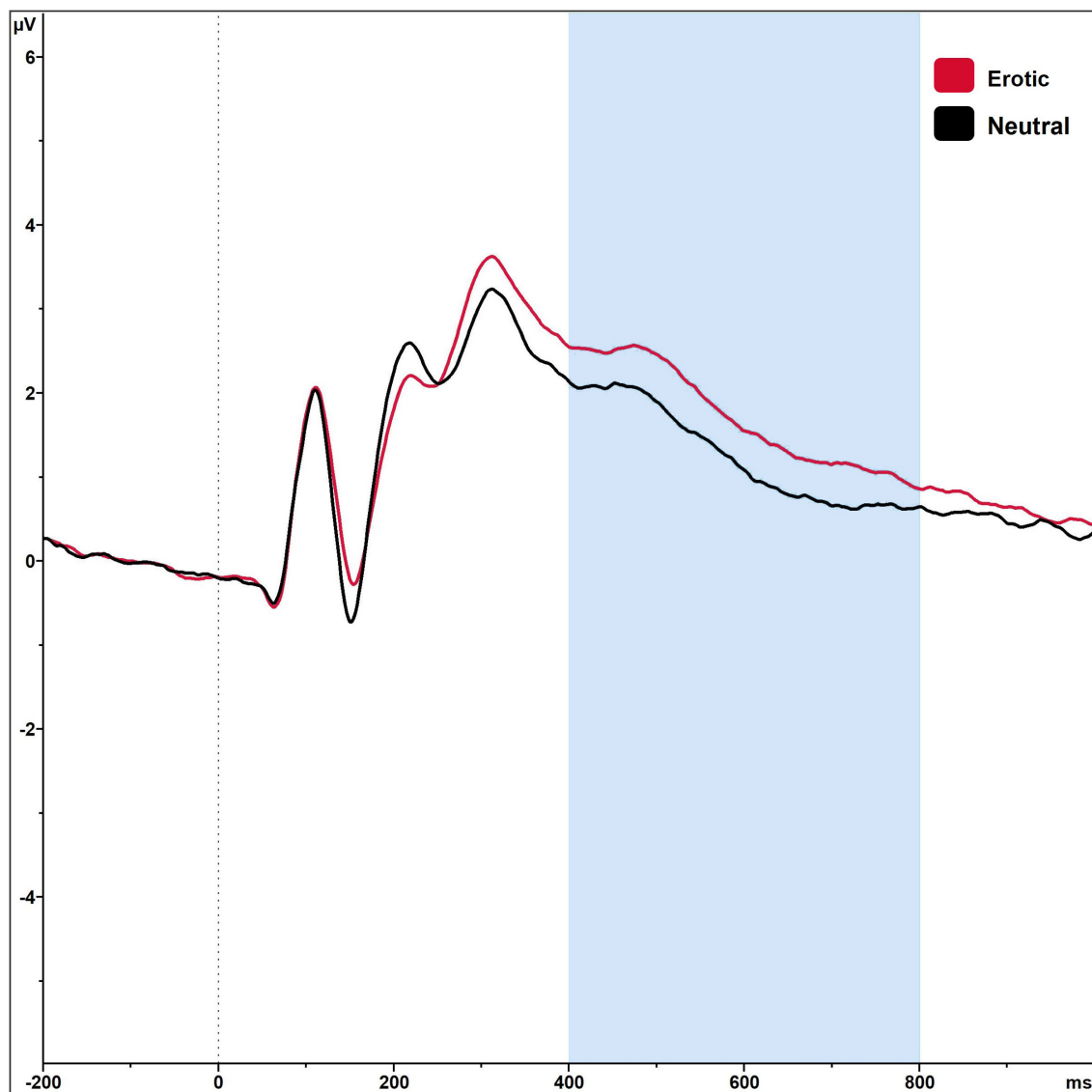


FIGURE 3

Grand averages on electrode P2 in reaction to erotic and neutral stimuli in $n = 90$ sexually active women in the time window 400–800 ms.

in reduced SF and even sexual dysfunction such as HSDD, or orgasmic and genito-pelvic pain disorder (Payne et al., 2005; Moura et al., 2020). In turn, however, prior experience of sexual dysfunctions, such as struggling to maintain arousal or to reach an orgasm, might lead to increased self-monitoring and worrying during sexual intercourse, contributing to heightened self-reported SI. In contrast to earlier research (Janssen et al., 2002b; Clifton et al., 2015; Hodgson et al., 2016; Velten et al., 2019a), no associations between SF and SE were observed in the current sample. Differential analytic techniques, i.e., correlation vs. multiple regression, might underlie these inconsistencies. Furthermore, SE properties might be more strongly associated with specific facets of SF (Nolet et al., 2021). Whereas SE dynamics (i.e., being aroused or “turned-on”) are mainly represented in the desire domain, SI items demonstrate strong content-related overlap with the FSFI domains arousal, lubrication, and orgasm. This could explain the higher relevance of SI regarding SF. We, therefore,

exploratorily conducted a moderation analysis regarding the FSFI desire domain. Results showed that SE was positively associated with desire whereas a negative association emerged regarding SI. As for the total score, no interactive effects were observed.

4.1.2 Neural correlates of sexual excitation and inhibition

Contrary to the results concerning SF, a significant SE/SI interaction effect emerged regarding measured LPP amplitudes. Higher SI was associated with dampened LPP amplitudes toward erotic stimuli, this association was, however, attenuated among high SE levels. This suggests that strong excitatory properties might help individuals to overcome inhibition. The implications of this finding are twofold. Firstly, the observed SE/SI interaction supports the theoretical assumptions of the DCM framework (Janssen and Bancroft, 2023), that predicts interactive as opposed to independent SE/SI effects. This might also clarify why

TABLE 2 Moderation analysis for the female sexual function index (FSFI) total score (Hayes Model 3).

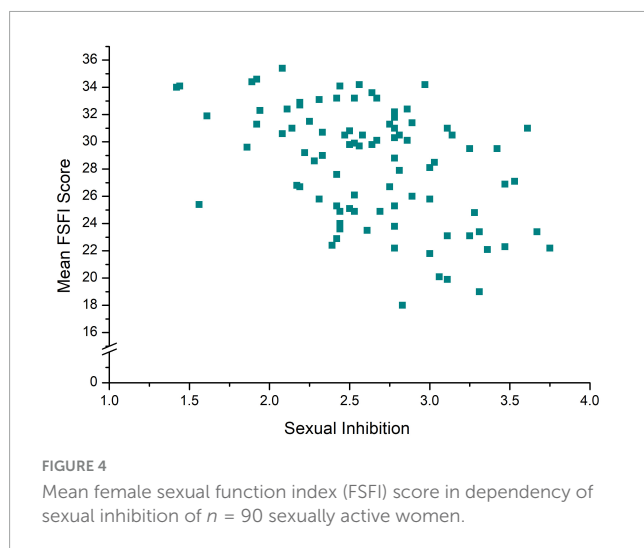
	<i>b</i> [LLCI, ULCI]	SE	<i>t</i>	<i>p</i>
constant	28.27 [27.37, 29.16]	0.46	64.74	<0.001***
SI	-3.27 [-5.16, -1.01]	1.05	-3.77	<0.001***
SE	1.20 [-1.28, 3.76]	1.28	1.06	0.291
SI × SE	-1.25 [-8.26, 3.02]	2.84	-0.23	0.818
OC	-0.37 [-1.26, 0.53]	0.46	-0.76	0.449
SI × OC	-0.47 [-2.78, 1.55]	1.07	-0.45	0.657
SE × OC	-1.07 [-3.52, 1.48]	1.28	-0.99	0.323
SI × SE × OC	0.13 [-4.32, 7.27]	2.84	-0.26	0.799

****p* < 0.001. LLCI, lower limit confidence interval; ULCI, upper limit confidence interval; SI, sexual inhibition; SE, sexual excitation; OC, oral contraception status.

TABLE 3 Moderation analysis for the LPP amplitudes toward erotic stimuli (Hayes Model 3).

	<i>b</i> [LLCI, ULCI]	SE	<i>t</i>	<i>p</i>
constant	1.54 [1.33, 1.76]	0.11	12.96	<0.001***
SI	-0.71 [-1.21, -0.17]	0.27	-2.78	0.007**
SE	-0.16 [-0.76, 0.43]	0.30	-0.49	0.626
SI × SE	1.32 [0.20, 2.42]	0.56	2.47	0.016*
OC	-0.09 [-0.31, 0.12]	0.11	-0.69	0.494
SI × OC	-0.16 [-0.73, 0.34]	0.27	-0.63	0.529
SE × OC	-0.04 [-0.64, 0.57]	0.30	-0.22	0.830
SI × SE × OC	-0.15 [-1.28, 0.88]	0.54	-0.13	0.894

p* < 0.05, *p* < 0.01, ****p* < 0.001. LLCI, lower limit confidence interval; ULCI, upper limit confidence interval; SI, sexual inhibition; SE, sexual excitation; OC, oral contraception status.



inconsistencies regarding SE/SI effects were observed in prior research (Prause et al., 2008; Carvalho et al., 2018). While most previous studies did not consider interactive effects, a significant interaction has also been noted in a study by Velten et al. (2016c) reporting a positive association between SE and genital arousal among low levels of SI but a negative association among high SI levels. The authors concluded that inner conflicts resulting from high levels of both forces could underlie this interference effect. Conversely, our results suggest a compensation effect in that high SE levels buffer diminishing effects of high SI. The differential pattern compared to the Velten et al. (2016c) study could be attributed to the different outcome measures (genital arousal vs. neural reactivity) and the invasive procedure required to assess genital arousal, i.e., by means of a vaginal photoplethysmography. This might be especially uncomfortable for highly inhibited individuals and could explain their decreasing genital arousal with increasing SE. Neural reactivity is, however, less likely impacted by

shame or social desirability as it cannot be consciously perceived or influenced and is measured non-invasively.

Secondly, the results point toward an important role of inhibitory mechanisms in erotic stimulus processing. This is crucial, as most previous studies focused solely on the role of excitatory properties in attending to and processing of erotic stimuli (Prause et al., 2008; Carvalho et al., 2018; Janssen and Bancroft, 2023). However, previous research had already indicated that SI is equally relevant regarding stimulus processing. Turner et al. (2019), for example, reported higher stimulus avoidance regarding erotic stimuli in high SI individuals. This finding is in line with the lower LPP amplitudes observed in the current study. Aguiar et al. (2023), however, observed heightened initial, automatic attention to erotic stimuli, as measured using N200 amplitudes, in association with high SI. While these findings seem contradictory at first, they not necessarily are. Inhibitory processes are necessary to suppress sexual responses in circumstances where they could be inappropriate or even dangerous. Highly inhibited individuals might, therefore, demonstrate stronger associations between sexual cues and feelings of danger, worry and anxiety. Indeed, individuals with sexual dysfunctions express more negative automatic thoughts regarding/during sexual activity (Tavares et al., 2020). Due to these threatening associations regarding sexual cues, highly inhibited individuals might display heightened vigilance to such cues, resulting in increased initial processing (Aguiar et al., 2023). As a result of this increased early awareness of erotic content, highly inhibited individuals might experience a strong suppression of approach behavior toward erotic stimuli as observed in the negative association between SI and LPP amplitudes. As the current study focused on motivational rather than early attentional mechanisms associated with SE/SI, the N200 component was not considered. This component is usually examined within specific experimental tasks, such as the oddball task used by Aguiar et al. (2023), flanker tasks or go/no-go tasks eliciting response conflict or response inhibition (Folstein and van Petten, 2008). While such effects can be observed in “traditional” Stroop Tasks, Thomas et al.

(2007) have previously shown that Emotional Stroop Paradigms are unlikely to elicit relevant N200 effects. Nevertheless, it is important to note that both early as well as later stages of stimulus processing seem to be impacted by propensities for SI.

Furthermore, [Aguiar et al. \(2023\)](#) observed a positive association between SI and N200 amplitudes in response to erotic as well as to romantic stimuli which depicted dressed couples in intimate situations, but not engaging in sexual intercourse. In the current study, the overall moderation model regarding neutral stimuli was non-significant. However, we visually noted a SE/SI interaction that was similar to that observed regarding erotic stimuli. That is, LPP amplitudes decreased with increasing SI, but this effect was attenuated among high SE levels. One possible explanation for this pattern is that erotic stimuli are also inherently social stimuli. Correspondingly, SE/SI scales overlap with behavioral activation (BAS) and behavioral inhibition (BIS) scales that describe general approach and avoidance tendencies ([Rettenberger et al., 2016](#); [Bártová et al., 2021](#)). Moreover, sexual dysfunctions, which can also be predicted by SE/SI properties, are associated with social anxiety ([Figueira et al., 2001](#); [Bodinger et al., 2002](#)). Individuals high in SI might experience a general tendency toward social inhibition and social insecurity, as indicated by their fear of negative judgment regarding sexual activity or performance. It is, therefore, reasonable to expect associations of SE/SI with processing of non-sexual social stimuli as well.

For low SI levels, the current results suggest relatively lower neural reactivity for women high vs. low in SE. In accordance with [Hodgson et al. \(2016\)](#) and [Prause et al. \(2008\)](#), this could be interpreted as habituation or boredom effects resulting from increased exposure of this group to sexual stimulus material.

4.1.3 Associations of oral contraception use with sexual excitation and inhibition properties

To the best of our knowledge, effects of OC use on SE/SI properties have not previously been studied, therefore, our findings are especially important. They suggest an association between OC use and attenuated excitatory properties, aligning with preceding studies reporting decreased sexual desire in OC users ([Zethraeus et al., 2016](#); [Huang et al., 2020](#)). A reduction in free testosterone, a gonadal hormone which is relevant regarding sexual motivation ([Wu et al., 2022](#)), is suggested to underlie such effects, although supporting evidence is inconclusive ([Graham et al., 2007](#); [Zethraeus et al., 2016](#)). Earlier research has also indicated reduced SF and erotic stimulus processing in OC users ([Wallwiener et al., 2010](#); [Abler et al., 2013](#); [Monciunskaitė et al., 2019](#)). However, our moderation models did not yield significant OC effects, consistent with the mixed results in this field ([Schaffir, 2006](#); [Schmidt et al., 2022](#)). These inconsistencies highlight the importance of considering psychosexual variables such as SE/SI in sexuality research alongside biological predictors like sex steroid concentration or OC use. They, furthermore, pose the question if SE/SI properties undergo changes upon initiating OC use, or if, in turn, SE/SI properties might influence contraceptive choices. A reduction of SE following OC initiation could be a plausible explanation. However, our results revealed a statistical trend ($p = 0.074$) toward higher SI in OC users compared to NC women. While it is rather unlikely that low excitation triggers the choice of OCs as a contraceptive method,

heightened inhibition might drive the selection of a highly effective contraceptive option, empowering women to feel in control of their reproductive choices. The initiation of OC use could then potentially lead to reduced sexual excitability. However, elevated SI levels could also be a secondary outcome of reduced excitability following OC use as the loss of libido might result in interpersonal conflict in relationships or discomfort during intercourse ([Géonet et al., 2013](#); [Willoughby et al., 2014](#)). It is crucial to note that these proposed associations remain speculative, and longitudinal studies are needed to explore possible developmental trajectories.

Moreover, observed OC effects are also relevant regarding reported gender differences in SE/SI with typically higher SE in males compared to females ([Carpenter et al., 2008](#); [Granados et al., 2020b](#)). These established gender-based patterns should be re-evaluated taking into account the potential influence of hormonal contraception.

4.2 Implications and future directions

To the best of our knowledge, a hypervigilance-avoidance pattern, as suggested by increased N200 ([Aguiar et al., 2023](#)) and reduced LPP amplitudes observed in our study, has not been systematically examined in association with SE/SI or sexual dysfunctions. It is, however, common in anxiety disorders, such as social anxiety ([Bögels and Mansell, 2004](#); [Vassilopoulos, 2005](#)), which have a high comorbidity with sexual dysfunctions ([van Lankveld and Grotjohann, 2000](#); [Figueira et al., 2001](#); [Laurent and Simons, 2009](#)). Future research should, therefore, investigate associations between SE/SI or sexual dysfunctions and distinct stages of erotic stimulus processing in order to reveal underlying patterns.

Reported results also have implications for the development of treatment options for sexual problems. This is especially important, since sexual dysfunctions are common, whereas available treatment options are still sparse, specifically for women ([McCabe et al., 2016](#); [Weinberger et al., 2019](#)). In recent years, there is increasing awareness that, within the DCM framework, high SI underlying sexual dysfunctions could require differential treatment as opposed to low SE. Correspondingly, [Poels et al. \(2014\)](#) tested distinctive drug treatments for HSDD depending on the strength of excitatory vs. inhibitory properties. Women with low SE received testosterone in combination with a phosphodiesterase type 5 (PDE-5) inhibitor. Women high in SI were treated with a combination of testosterone, to increase sexual motivation, and a 5HT_{1A} receptor agonist, to reduce inhibition. Both treatments showed beneficial effects regarding SF (see also [Bancroft et al., 2009](#); [Bloemers et al., 2013](#); [van Rooij et al., 2013](#)). Our results strengthen the notion that a combined approach, simultaneously fostering sexual motivation and reducing inhibition, might be advantageous for highly inhibited individuals. Studies assessing associations between SE/SI and individual differences in endogenous sex steroid (i.e., estrogen, progesterone, testosterone) or neurotransmitter (i.e., dopamine, serotonin) function could be relevant in identifying possible vulnerability factors for sexual dysfunctions or risky sexual behavior and corresponding treatment approaches ([Clayton, 2010](#); [Kühn and Gallinat, 2016](#)).

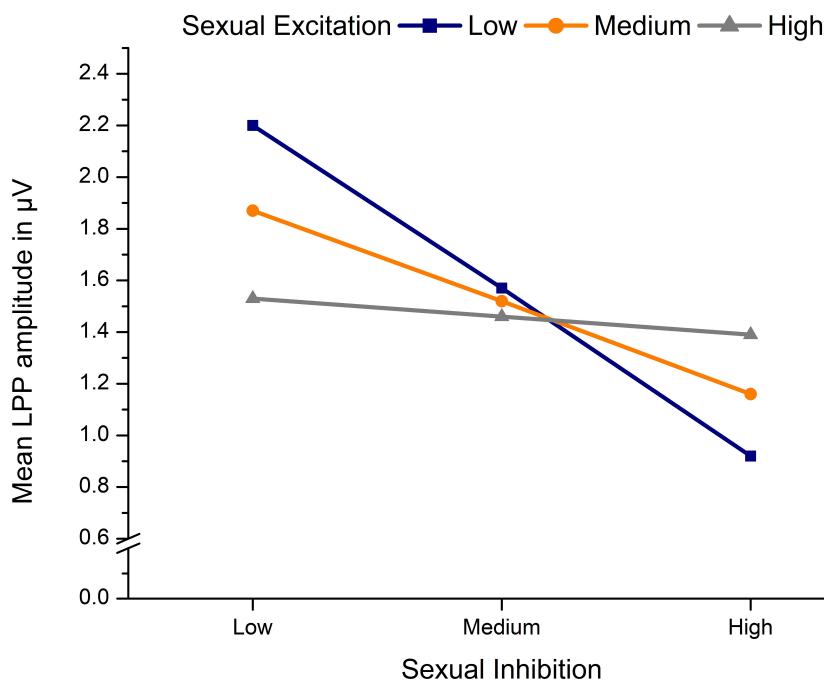


FIGURE 5

Mean LPP amplitudes in μV toward erotic stimuli in dependency of sexual inhibition and sexual excitation of $n = 90$ sexually active women.

With regard to psychotherapeutic techniques, mindfulness interventions have been proven effective in improving SF (Silverstein et al., 2011; Milani et al., 2021). They could aid in decreasing mind-wandering and worrying during sexual intercourse and thus ultimately reduce inhibition. They could be paired with interventions strengthening positive and rewarding associations with erotic stimuli such as cognitive restructuring, or sensate focus in accordance with Masters and Johnson (Masters and Johnson, 1970; Leiblum and Wiegel, 2002; Brauer et al., 2012). For development of such interventions, studies assessing associations of SE/SI with sexual cognitions, including positive or negative automatic thoughts during intercourse (Tavares et al., 2020), would be insightful.

Regarding pharmacological as well as psychotherapeutic interventions, ERP techniques could be a valuable approach to evaluate treatment success, as they are less impacted by social desirability, or other confounding factors, such as shame, compared to self-reports or genital measures. They could also be used to identify specific mechanisms of action and, thus, improve treatment options for affected persons.

Concerning methodological considerations, future studies on SE/SI would benefit from incorporating eye-tracking measures. Former studies in individuals with sexual dysfunctions noted differential viewing patterns of erotic scenes, i.e., greater focus on background or context details compared to sexually explicit stimulus features (Lykins et al., 2011; Velten et al., 2021). Correspondingly, individuals with different SE/SI properties might focus on dissimilar stimulus features, although this has not previously been examined. As eye movement patterns were not assessed in the current study, we cannot rule out that differential viewing patterns underlie reported results. Furthermore, interactive effects of SE/SI might be more pronounced when used stimuli

depict aspects of sexual interactions directly related to SI (e.g., pain, judgement, risk of pregnancy/STDs), or SE (e.g., unusual settings, dominance). Hence, using a greater variety of sexuality-related stimulus material (positive, negative, high vs. low in context details), or more explicit stimuli depicting different stages of sexual readiness (Huberman et al., 2023), would be insightful. In this regard, implicit measures of stimulus processing could be paired with explicit stimulus evaluations (i.e., valence and arousal ratings). Such ratings were collected in the current study, however, they were not included in the present analysis. As part of an extensive research project, dealing with effects of menstrual cycle/OC regimen phases, women were assessed in three different cycle phases. To exclude effects of conscious stimulus evaluation on stimulus processing, ratings were collected only on the third measurement occasion. Therefore, ratings were not included in the present analyses due to the different measurement occasions on which ERPs vs. ratings were collected (T1 vs. T3). Furthermore, the fact that stimuli were only rated after repeated exposure could also have affected the stimulus evaluations, especially for subjects prone to SE who might show stronger boredom effects. Further studies are, therefore, needed to examine the role of interactive SE/SI effects in predicting subjective stimulus evaluations.

4.3 Limitations

The current study is among the first to examine the DCM using ERP techniques, offering valuable insights into the potential association between altered stimulus processing and SE/SI in the context of sexual dysfunctions. Nevertheless, some

limitations have to be considered when interpreting and applying reported results.

Primarily, an exclusively female sample was analyzed. Given the differing social stigmas and norms associated with male and female sexuality (Emmerink et al., 2016), typical gender differences in SE and SI, where males tend to exhibit higher SE and lower SI compared to females (Carpenter et al., 2008; Granados et al., 2020b), as well as evidence suggesting that SE and SI relate differently to sexual behavior in males and females (Granados et al., 2020b), it is essential to recognize that SE and SI may have distinct implications in males as opposed to females.

Moreover, the present study focused on a healthy sample, without any physical or psychological health condition, including diagnosed sexual dysfunction. It is important to consider that results in clinical samples might differ and necessitate additional research. However, it is noteworthy that around one third of our sample scored below the clinical cutoff score of 26.55 on the FSFI (Wiegel et al., 2005), indicating potential similarities with findings in clinical samples. Furthermore, analyses were limited to sexually active women to avoid confounding of OC status and sexual activity (due to the higher proportion of sexually active women in the OC group). This sample selection allowed to distinguish OC effects on SE/SI properties, sexual function and LPP amplitudes from those related to sexual activity but resulted in a decreased overall sample size and unequal sample sizes of the NC and OC groups. Thus, groups might have been too small to detect OC related differences in SE/SI dynamics. Furthermore, women reporting no sexual activity within the last 4 weeks reported significantly higher levels of SI compared to sexually active women, therefore, the dynamic interplay between SE/SI might be shifted toward inhibition. We, therefore, exploratively conducted moderation analyses separately in the sexually inactive women. The overall model was not significant (possibly due to the small sample size of $N = 24$). Visually, however, we observed a SE/SI interaction pattern that was qualitatively different from that observed in the sexually active women. In sexually active women, LPP amplitudes decreased with increasing SI and this effect was attenuated among high SE levels. In sexually inactive women, LPP amplitudes decreased with increasing SI but only in those low in SE. In women high in SE, LPP amplitudes slightly increased with increasing SI. Due to the small sample size, these results should be interpreted with caution. They do, however, suggest that erotic stimulus processing could be influenced by sexual activity. In future studies, larger samples are required to further assess the possible impact of OC use and sexual activity on SE/SI dynamics. These should ideally include equal proportions of sexually active and inactive women (using or not using hormonal contraception) because research comparing erotic stimulus processing in sexually active vs. inactive individuals is generally scarce.

Additionally, it is important to note that the SESII-W scale for females (Graham et al., 2006; Velten et al., 2016a) was used in the current study, whereas Aguiar et al. (2023) used the SIS/SES scales that are applicable for male as well as female samples (Janssen et al., 2002a). The SESII-W was chosen in the current study because it was specifically designed to assess aspects relevant for female sexual responses and also because it has been widely used in studies focusing on exclusively female samples (Clifton et al., 2015; Velten et al., 2016c; Granados et al., 2020a).

Compared to the SIS/SES-SF, the SESII-W also demonstrates better psychometric properties in female samples (Hodgson et al., 2016; Velten et al., 2016a; Rettenberger et al., 2019). The SIS/SES scales, however, differentiate two aspects of SI further, namely a SIS1 factor that assesses SI due to threat of performance failure and a SIS2 factor assessing SI due to threat of performance consequences. Use of this scale might, therefore, be beneficial in evaluating the specific aspects of SI that are associated with stimulus processing.

5 Conclusion

The current findings highlight the importance of interactive SE/SI effects, providing additional psychophysiological evidence supporting the theoretical assumptions of the DCM. They are, furthermore, also relevant regarding the understanding of female sexuality and related dysfunctions. Reported findings may guide the development of targeted psychological interventions addressing such dysfunctions. While sexual dysfunctions seem to be primarily predicted by high SI, individuals might still benefit from therapeutic interventions that strengthen excitatory forces. The association of OC use with diminished SE properties is noteworthy and might have implications for managing low sexual desire and sexual dysfunctions in OC users. Additionally, observed group differences in SE are also relevant regarding reported gender differences in SE/SI properties. Collectively, these findings enhance our understanding of the dynamic interplay between SE and SI and their implications for psychological interventions in the context of female sexuality.

Data availability statement

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors (JH), without undue reservation.

Ethics statement

The studies involving humans were approved by the Local Ethic Commission of the Faculty of Psychology and Sport Science at Justus-Liebig-University Giessen, Germany. The studies were conducted in accordance with the local legislation and institutional requirements. The participants provided their written informed consent to participate in this study.

Author contributions

NS: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Visualization, Writing – original draft, Writing – review and editing. JH: Conceptualization, Methodology, Resources, Software, Supervision, Writing – review and editing. AM: Conceptualization, Funding acquisition, Methodology, Project Administration, Resources, Software, Supervision, Writing – review and editing.

Funding

The author(s) declare that financial support was received for the research, authorship, and/or publication of this article. This research was supported by a German Research Foundation (DFG) grant to AM, project MU 4385/2-1.

Acknowledgments

We thank our student assistants for their help in acquiring participants and collecting the data. We also thank our participants for their dedication in research.

References

- Abler, B., Kumpfmüller, D., Grön, G., Walter, M., Stingl, J., and Seeringer, A. (2013). Neural correlates of erotic stimulation under different levels of female sexual hormones. *PLoS One* 8:e54447. doi: 10.1371/journal.pone.0054447
- Aguiar, S., Carvalho, J., Carrito, M. L., and Santos, I. M. (2023). Automatic attention to sexual stimuli: Exploring the role of neuroticism and sexual excitation/inhibition through event-related potentials. *J. Sex. Med.* 20, 367–376. doi: 10.1093/jsxmed/qdac048
- Bancroft, J., and Janssen, E. (2000). The dual control model of male sexual response: A theoretical approach to centrally mediated erectile dysfunction. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 24, 571–579. doi: 10.1016/S0149-7634(00)00024-5
- Bancroft, J., Graham, C. A., Janssen, E., and Sanders, S. A. (2009). The dual control model: Current status and future directions. *J. Sex Res.* 46, 121–142. doi: 10.1080/00224490902747222
- Bártová, K., Novák, O., Weiss, P., and Klapilová, K. (2021). Personality traits and sociosexual orientation are related to sexual inhibition and sexual excitation scales: Evidence from the Czech Republic. *Pers. Individ. Differ.* 171:110468. doi: 10.1016/j.paid.2020.110468
- Berner, M. M., Kriston, L., Zahradnik, H. P., Härter, M., and Rohde, A. (2004). Überprüfung der gültigkeit und zuverlässigkeit des deutschen female sexual function index (FSFI-d). *Geburtshilfe Frauenheilkunde* 64, 293–303. doi: 10.1055/s-2004-815815
- Bertsch, K., Böhnke, R., Kruk, M. R., and Naumann, E. (2009). Influence of aggression on information processing in the emotional stroop task—an event-related potential study. *Front. Behav. Neurosci.* 3:28. doi: 10.3389/neuro.08.028.2009
- Bianchi-Demicheli, F., Cojan, Y., Waber, L., Recordon, N., Vuilleumier, P., and Ortigue, S. (2011). Neural bases of hypoactive sexual desire disorder in women: An event-related fMRI study. *J. Sex. Med.* 8, 2546–2559. doi: 10.1111/j.1743-6109.2011.02376.x
- Bloemers, J., van Rooij, K., Poels, S., Goldstein, I., Everaerd, W., Koppeschaar, H., et al. (2013). Toward personalized sexual medicine (part 1): Integrating the “dual control model” into differential drug treatments for hypoactive sexual desire disorder and female sexual arousal disorder. *J. Sex. Med.* 10, 791–809. doi: 10.1111/j.1743-6109.2012.02984.x
- Bodinger, L., Hermesh, H., Aizenberg, D., Valevski, A., Marom, S., Shiloh, R., et al. (2002). Sexual function and behavior in social phobia. *J. Clin. Psychiatry* 63, 874–879. doi: 10.4088/jcp.v63n1004
- Bögels, S. M., and Mansell, W. (2004). Attention processes in the maintenance and treatment of social phobia: Hypervigilance, avoidance and self-focused attention. *Clin. Psychol. Rev.* 24, 827–856. doi: 10.1016/j.cpr.2004.06.005
- Brauer, M., van Leeuwen, M., Janssen, E., Newhouse, S. K., Heiman, J. R., and Laan, E. (2012). Attentional and affective processing of sexual stimuli in women with hypoactive sexual desire disorder. *Arch. Sex. Behav.* 41, 891–905. doi: 10.1007/s10508-011-9820-7
- Carpenter, D., Janssen, E., Graham, C., Vorst, H., and Wicherts, J. (2008). Women's scores on the sexual inhibition/sexual excitation scales (SIS/SES): Gender similarities and differences. *J. Sex Res.* 45, 36–48. doi: 10.1080/00224490701808076
- Carvalho, J., Czop, O., Rocha, M., Nobre, P., and Soares, S. (2018). Gender differences in the automatic attention to romantic vs sexually explicit stimuli. *J. Sex. Med.* 15, 1083–1092. doi: 10.1016/j.jsxm.2018.06.008

Conflict of interest

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.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

- Ciardha, C. Ó, and Gormley, M. (2009). “Comparing two implicit cognitive measures of sexual interest: A pictorial modified stroop task and the implicit association test,” in *Cognitive approaches to the assessment of sexual interest in sexual offenders*, eds D. Thornton and D. R. Laws (Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell), 177–201. doi: 10.1002/9780470747551.ch9
- Ciardha, C. Ó, and Gormley, M. (2012). Using a pictorial-modified stroop task to explore the sexual interests of sexual offenders against children. *Sex. Abuse J. Res. Treat.* 24, 175–197. doi: 10.1177/1079063211407079
- Clayton, A. H. (2010). The pathophysiology of hypoactive sexual desire disorder in women. *Int. J. Gynaecol. Obstetr.* 110, 7–11. doi: 10.1016/j.ijgo.2010.02.014
- Clifton, J., Seehuus, M., and Rellini, A. H. (2015). Testing cognitive predictors of individual differences in the sexual psychophysiological responses of sexually functional women. *Psychophysiology* 52, 957–968. doi: 10.1111/psyp.12423
- Dreher, J.-C., Schmidt, P. J., Kohn, P., Furman, D., Rubinow, D., and Berman, K. F. (2007). Menstrual cycle phase modulates reward-related neural function in women. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104, 2465–2470. doi: 10.1073/pnas.0605569104
- Emmerink, P. M. J., van den Eijnden, R. J. J. M., Vanwesenbeeck, I., and Bogt, T. F. M. (2016). The relationship between endorsement of the sexual double standard and sexual cognitions and emotions. *Sex Roles* 75, 363–376. doi: 10.1007/s11199-016-0616-z
- Ferrari, V., Codispoti, M., Cardinale, R., and Bradley, M. M. (2008). Directed and motivated attention during processing of natural scenes. *J. Cogn. Neurosci.* 20, 1753–1761. doi: 10.1162/jocn.2008.20121
- Figueira, I., Possidente, E., Marques, C., and Hayes, K. (2001). Sexual dysfunction: A neglected complication of panic disorder and social phobia. *Arch. Sex. Behav.* 30, 369–377. doi: 10.1023/a:1010257214859
- Folstein, J. R., and van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology* 45, 152–170. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00602.x
- Franken, I. H. A., Gootjes, L., and van Strien, J. W. (2009). Automatic processing of emotional words during an emotional Stroop task. *NeuroReport* 20, 776–781. doi: 10.1097/WNR.0b013e32832b02fe
- Gable, P. A., and Harmon-Jones, E. (2013). Does arousal per se account for the influence of appetitive stimuli on attentional scope and the late positive potential? *Psychophysiology* 50, 344–350. doi: 10.1111/psyp.12023
- Géonet, M., Sutter, P., de, and Zech, E. (2013). Cognitive factors in women hypoactive sexual desire disorder. *Sexologies* 22, e9–e15. doi: 10.1016/j.sexol.2012.01.011
- Graham, C. A., Bancroft, J., Doll, H. A., Greco, T., and Tanner, A. (2007). Does oral contraceptive-induced reduction in free testosterone adversely affect the sexuality or mood of women? *Psychoneuroendocrinology* 32, 246–255. doi: 10.1016/j.psychneu.2006.12.011
- Graham, C. A., Sanders, S. A., and Milhausen, R. R. (2006). The sexual excitation/sexual inhibition inventory for women: Psychometric properties. *Arch. Sex. Behav.* 35, 397–409. doi: 10.1007/s10508-006-9041-7
- Granados, R., Moyano, N., and Sierra, J. C. (2020b). Behavioral intention to have risky sex in young men and women: The role of sexual excitation and assertiveness. *PLoS One* 15:e0232889. doi: 10.1371/journal.pone.0232889

- Granados, R., Carvalho, J., and Sierra, J. C. (2020a). Preliminary evidence on how the dual control model predicts female sexual response to a bogus negative feedback. *Psychol. Rep.* 124, 502–520. doi: 10.1177/0033294120907310
- Granados, R., Salinas, J. M., and Sierra, J. C. (2017). Spanish version of the sexual excitation/sexual inhibition inventory for women: Factorial structure, reliability and validity evidences. *Int. J. Clin. Health Psychol.* 17, 65–76. doi: 10.1016/j.ijchp.2016.09.003
- Gregory, R., Cheng, H., Rupp, H. A., Sengelaub, D. R., and Heiman, J. R. (2015). Oxytocin increases VTA activation to infant and sexual stimuli in nulliparous and postpartum women. *Hormones Behav.* 69, 82–88. doi: 10.1016/j.yhbeh.2014.12.009
- Hajcak, G., MacNamara, A., and Olvet, D. M. (2010). Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: an integrative review. *Dev. Neuropsychol.* 35, 129–155. doi: 10.1080/87565640903526504
- Hajcak, G., and Olvet, D. M. (2008). The persistence of attention to emotion: Brain potentials during and after picture presentation. *Emotion* 8, 250–255. doi: 10.1037/1528-3542.8.2.250
- Handy, A. B., McMahon, L. N., Goldstein, I., and Meston, C. (2023). Reduction in genital sexual arousal varies by type of oral contraceptive pill. *J. Sex. Med.* 20, 1094–1102. doi: 10.1093/jsxmed/qdad072
- Hayes, A. F. (2018). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach. Methodology in the social sciences.* New York, NY: Guilford Press.
- Hodgson, B., Kukkonen, T. M., Binik, Y. M., and Carrier, S. (2016). Using the dual control model to investigate the relationship between mood, genital, and self-reported sexual arousal in men and women. *J. Sex Res.* 53, 979–993. doi: 10.1080/00224499.2015.1110107
- Huang, M., Li, G., Liu, J., Li, Y., and Du, P. (2020). Is there an association between contraception and sexual dysfunction in women? A systematic review and meta-analysis based on female sexual function index. *J. Sex. Med.* 17, 1942–1955. doi: 10.1016/j.jsxm.2020.06.008
- Huberman, J. S., Mangardich, H., Sabbagh, M. A., and Chivers, M. L. (2023). ERP responses to sexual cues among young women attracted to men. *Psychophysiology* 60:e14162. doi: 10.1111/psyp.14162
- Imbir, K. K., Duda-Golawska, J., Pastwa, M., Jankowska, M., and Żygierewicz, J. (2021). Event-related potential correlates of valence, arousal, and subjective significance in processing of an emotional Stroop task. *Front. Hum. Neurosci.* 15:617861. doi: 10.3389/fnhum.2021.617861
- Janssen, E., and Bancroft, J. (2007). “The dual control model: The role of sexual inhibition and excitation in sexual arousal and behavior,” in *The psychophysiology of sex*, ed. E. Janssen (Bloomington: Indiana University press).
- Janssen, E., and Bancroft, J. (2023). The dual control model of sexual response: A scoping review, 2009–2022. *Sex. Rev.* 60, 948–968. doi: 10.1080/00224499.2023.2219247
- Janssen, E., Everaerd, W., Spiering, M., and Janssen, J. (2000). Automatic processes and the appraisal of sexual stimuli: Toward an information processing model of sexual arousal. *J. Sex Res.* 37, 8–23. doi: 10.1080/00224490009552016
- Janssen, E., Vorst, H., Finn, P., and Bancroft, J. (2002a). The sexual inhibition (SIS) and sexual excitation (SES) scales: I. Measuring sexual inhibition and excitation proneness in men. *J. Sex Res.* 39, 114–126. doi: 10.1080/00224490209552130
- Janssen, E., Vorst, H., Finn, P., and Bancroft, J. (2002b). The sexual inhibition (SIS) and sexual excitation (SES) scales: II. Predicting psychophysiological response patterns. *J. Sex Res.* 39, 127–132. doi: 10.1080/00224490209552131
- Jong, D. C. (2009). The role of attention in sexual arousal: Implications for treatment of sexual dysfunction. *J. Sex Res.* 46, 237–248. doi: 10.1080/00224490902747230
- Krug, R., Plihal, W., Fehm, H. L., and Born, J. (2000). Selective influence of the menstrual cycle on perception of stimuli with reproductive significance: An event-related potential study. *Psychophysiology* 37, 111–122. doi: 10.1111/1469-8986.3710111
- Kühn, S., and Gallinat, J. (2016). “Chapter three – neurobiological basis of hypersexuality,” in *International review of neurobiology: Imaging the addicted brain*, Vol. 129, eds N. M. Zahr and E. T. Peterson (Cambridge, MA: Academic Press), 67–83. doi: 10.1016/bs.irm.2016.04.002
- Kuhr, B., Schomberg, J., Gruber, T., and Quirin, M. (2013). Beyond pleasure and arousal: Appetitive erotic stimuli modulate electrophysiological brain correlates of early attentional processing. *NeuroReport* 24, 246–250. doi: 10.1097/WNR.0b013e32835f4eba
- Laumann, E. O., Paik, A., and Rosen, R. C. (1999). Sexual dysfunction in the United States: Prevalence and predictors. *JAMA* 281, 537–544. doi: 10.1001/jama.281.6.537
- Laurent, S. M., and Simons, A. D. (2009). Sexual dysfunction in depression and anxiety: Conceptualizing sexual dysfunction as part of an internalizing dimension. *Clin. Psychol. Rev.* 29, 573–585. doi: 10.1016/j.cpr.2009.06.007
- Leiblum, S. R., and Wiegel, M. (2002). Psychotherapeutic interventions for treating female sexual dysfunction. *World J. Urol.* 20, 127–136. doi: 10.1007/s00345-002-0266-3
- Lykins, A. D., Meana, M., and Minimi, J. (2011). Visual attention to erotic images in women reporting pain with intercourse. *J. Sex Res.* 48, 43–52. doi: 10.1080/00224490903556374
- Masters, W., and Johnson, V. (1970). *Human sexual inadequacy.* Boston, MA: Little, Brown & Company.
- McCabe, M. P., Sharlip, I. D., Lewis, R., Atalla, E., Balon, R., Fisher, A. D., et al. (2016). Incidence and prevalence of sexual dysfunction in women and men: A consensus statement from the fourth international consultation on sexual medicine 2015. *J. Sex. Med.* 13, 144–152. doi: 10.1016/j.jsxm.2015.12.034
- Meadows, C. C., Gable, P. A., Lohse, K. R., and Miller, M. W. (2016). The effects of reward magnitude on reward processing: An averaged and single trial event-related potential study. *Biol. Psychol.* 118, 154–160. doi: 10.1016/j.biopsycho.2016.06.002
- Milani, S., Dawson, S. J., and Velten, J. (2021). Visual Attention and Sexual Function in Women. *Curr. Sex. Health Rep.* 13, 89–96. doi: 10.1007/s11930-021-00312-9
- Monciunskaitė, R., Malden, L., Lukstaite, I., Ruksenas, O., and Griksiene, R. (2019). Do oral contraceptives modulate an ERP response to affective pictures? *Biol. Psychol.* 148:107767. doi: 10.1016/j.biopsycho.2019.107767
- Moura, C. V., Tavares, I. M., and Nobre, P. J. (2020). Cognitive-affective factors and female orgasm: A comparative study on women with and without orgasm difficulties. *J. Sex. Med.* 17, 2220–2228. doi: 10.1016/j.jsxm.2020.08.005
- Munk, A. J., Dickhaeuser, L., Breiting, E., Hermann, A., Strahler, J., Schmidt, N. M., et al. (2020). Females’ menstrual cycle and incentive salience: Insights on neural reaction towards erotic pictures and effects of gonadal hormones. *Compr. Psychoneuroendocrinol.* 3:100006. doi: 10.1016/j.cpnec.2020.100006
- Munk, A. J., Zoeller, A. C., and Hennig, J. (2018). Fluctuations of estradiol during women’s menstrual cycle: Influences on reactivity towards erotic stimuli in the late positive potential. *Psychoneuroendocrinology* 91, 11–19. doi: 10.1016/j.psyneuen.2018.02.028
- Nolet, K., Guay, J.-P., and Bergeron, S. (2021). Validation of the French-Canadian version of the sexual inhibition and sexual excitation scales-short form (SIS/SES-SF): Associations with sexual functioning, sociosexual orientation, and sexual compulsivity. *Sex. Med.* 9:100374. doi: 10.1016/j.esxm.2021.100374
- Pastor, Z., Holla, K., and Chmel, R. (2013). The influence of combined oral contraceptives on female sexual desire: A systematic review. *Eur. J. Contracept. Reprod. Health Care* 18, 27–43. doi: 10.3109/13625187.2012.728643
- Paul, K., Short, C. A., Beauducel, A., Carsten, H. P., Härpfer, K., Hennig, J., et al. (2022). The methodology and dataset of the conscience eeg-personality project – a large-scale, multi-laboratory project grounded in cooperative forking paths analysis. *Pers. Sci.* 3:e7177. doi: 10.5964/ps.7177
- Payne, K. A., Binik, Y. M., Amsel, R., and Khalifé, S. (2005). When sex hurts, anxiety and fear orient attention towards pain. *Eur. J. Pain.* 9, 427–436. doi: 10.1016/j.ejpain.2004.10.003
- Poels, S., Bloemers, J., van Rooij, K., Koppeschaar, H., Olivier, B., and Tuiten, A. (2014). Two novel combined drug treatments for women with hypoactive sexual desire disorder. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 121, 71–79. doi: 10.1016/j.pbb.2014.02.002
- Prause, N., Janssen, E., and Hetrick, W. P. (2008). Attention and emotional responses to sexual stimuli and their relationship to sexual desire. *Archiv. Sex. Behav.* 37, 934–949. doi: 10.1007/s10508-007-9236-6
- Prause, N., Steele, V. R., Staley, C., and Sabatinelli, D. (2015). Late positive potential to explicit sexual images associated with the number of sexual intercourse partners. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 10, 93–100. doi: 10.1093/scan/nsu024
- Quinta Gomes, A. L., Janssen, E., Santos-Iglesias, P., Pinto-Gouveia, J., Fonseca, L. M., and Nobre, P. J. (2018). Validation of the sexual inhibition and sexual excitation scales (SIS/SES) in Portugal: Assessing gender differences and predictors of sexual functioning. *Arch. Sex. Behav.* 47, 1721–1732. doi: 10.1007/s10508-017-1137-8
- Quinta-Gomes, A. L., Janssen, E., Adaikan, G., and Nobre, P. J. (2022). Sexual inhibition and sexual excitation profiles in men with and without erectile disorder. *Urology* 161, 71–75. doi: 10.1016/j.urolgy.2021.12.004
- Raymond, C., Marin, M.-F., Juster, R.-P., Leclaire, S., Bourdon, O., Cayer-Falardeau, S., et al. (2019). Increased frequency of mind wandering in healthy women using oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology* 101, 121–127. doi: 10.1016/j.psyneuen.2018.11.005
- Rettenberger, M., Albuquerque Camarão, B., de Breiling, L., Etlzer, S., Turner, D., et al. (2019). A validation study of the german version of the sexual inhibition/sexual excitation scales-short form. *Arch. Sex. Behav.* 48, 2553–2563. doi: 10.1007/s10508-019-01489-w
- Rettenberger, M., Klein, V., and Briken, P. (2016). The relationship between hypersexual behavior, sexual excitation, sexual inhibition, and personality traits. *Arch. Sex. Behav.* 45, 219–233. doi: 10.1007/s10508-014-0399-7
- Rosen, R. C. (2000). Prevalence and risk factors of sexual dysfunction in men and women. *Curr. Psychiatry Rep.* 2, 189–195. doi: 10.1007/s11920-996-0006-2
- Rosen, R. C., Brown, C., Heiman, J., Leiblum, S., Meston, C., Shabsigh, R., et al. (2000). The Female sexual function index (FSFI): A multidimensional self-report instrument for the assessment of female sexual function. *J. Sex Marital Ther.* 26, 191–208. doi: 10.1080/009262300278597

- Schaffir, J. (2006). Hormonal contraception and sexual desire: A critical review. *J. Sex Marital Ther.* 32, 305–314. doi: 10.1080/00926230600666311
- Schindler, S., Bruchmann, M., Steinweg, A.-L., Moeck, R., and Straube, T. (2020). Attentional conditions differentially affect early, intermediate and late neural responses to fearful and neutral faces. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 15, 765–774. doi: 10.1093/scan/nsaa098
- Schmidt, N. M., Hennig, J., and Munk, A. J. (2022). Event-related potentials in women on the pill: Neural correlates of positive and erotic stimulus processing in oral contraceptive users. *Front. Neurosci.* 15:798823. doi: 10.3389/fnins.2021.798823
- Silverstein, R. G., Brown, A.-C. H., Roth, H. D., and Britton, W. B. (2011). Effects of mindfulness training on body awareness to sexual stimuli: Implications for female sexual dysfunction. *Psychosom. Med.* 73, 817–825. doi: 10.1097/PSY.0b013e318234e628
- Tavares, I. M., Moura, C. V., and Nobre, P. J. (2020). The role of cognitive processing factors in sexual function and dysfunction in women and men: A systematic review. *Sex. Med. Rev.* 8, 403–430. doi: 10.1016/j.sxmr.2020.03.002
- Thomas, S. J., Johnstone, S. J., and Gonsalvez, C. J. (2007). Event-related potentials during an emotional Stroop task. *Int. J. Psychophysiol.* 63, 221–231. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2006.10.002
- Turner, D., Wittekind, C. E., Briken, P., Fromberger, P., Moritz, S., and Rettenberger, M. (2019). Approach and avoidance biases toward sexual stimuli and their association with the dual control model of sexual response in heterosexual men. *Arch. Sex. Behav.* 48, 867–880. doi: 10.1007/s10508-018-1289-1
- Unterhorst, K., Gerwin, H., Pohl, A., Kärger, C., Massau, C., Ristow, I., et al. (2018). An exploratory study on the central nervous correlates of sexual excitation and sexual inhibition. *J. Sex Res.* 57, 397–408. doi: 10.1080/00224499.2018.1539462
- van Lankveld, J. J. D. M., and Grotjohann, Y. (2000). Psychiatric comorbidity in heterosexual couples with sexual dysfunction assessed with the composite international diagnostic interview. *Arch. Sex. Behav.* 29, 479–498. doi: 10.1023/A:1001995704034
- van Lankveld, J. J. D. M., and Smulders, F. T. Y. (2008). The effect of visual sexual content on the event-related potential. *Biol. Psychol.* 79, 200–208. doi: 10.1016/j.biopsycho.2008.04.016
- van Rooij, K., Poels, S., Bloemers, J., Goldstein, I., Gerritsen, J., van Ham, D., et al. (2013). Toward personalized sexual medicine (part 3): Testosterone combined with a Serotonin1A receptor agonist increases sexual satisfaction in women with HSDD and FSAD, and dysfunctional activation of sexual inhibitory mechanisms. *J. Sex. Med.* 10, 824–837. doi: 10.1111/j.1743-6109.2012.02982.x
- Vassilopoulos, S. P. (2005). Social anxiety and the vigilance-avoidance pattern of attentional processing. *Behav. Cogn. Psychother.* 33, 13–24. doi: 10.1017/S1352465804001730
- Velten, J., Milani, S., Margraf, J., and Brotto, L. A. (2021). Visual attention and sexual arousal in women with and without sexual dysfunction. *Behav. Res. Ther.* 144:103915. doi: 10.1016/j.brat.2021.103915
- Velten, J., Scholten, S., Graham, C. A., and Margraf, J. (2016a). Psychometric properties of the sexual excitation/sexual inhibition inventory for women in a German sample. *Arch. Sex. Behav.* 45, 303–314. doi: 10.1007/s10508-015-0547-8
- Velten, J., Scholten, S., Graham, C. A., Adolph, D., and Margraf, J. (2016c). Investigating female sexual concordance: Do sexual excitation and sexual inhibition moderate the agreement of genital and subjective sexual arousal in women? *Arch. Sex. Behav.* 45, 1957–1971. doi: 10.1007/s10508-016-0774-7
- Velten, J., Scholten, S., Graham, C. A., and Margraf, J. (2016b). Unprotected intercourse and one-night stands: Impact of sexual excitation, sexual inhibition, and atypical sexual arousal patterns on risky sexual behaviors in women. *J. Sex. Med.* 13, 361–373. doi: 10.1016/j.jsxm.2015.12.027
- Velten, J., Brailovskaia, J., and Margraf, J. (2019a). Exploring the impact of personal and partner traits on sexuality: Sexual excitation, sexual inhibition, and big five predict sexual function in couples. *J. Sex Res.* 56, 287–299. doi: 10.1080/00224499.2018.1491521
- Velten, J., Zahler, L., Scholten, S., and Margraf, J. (2019b). Temporal stability of sexual excitation and sexual inhibition in women. *Arch. Sex. Behav.* 48, 881–889. doi: 10.1007/s10508-018-1323-3
- Wallwiener, C. W., Wallwiener, L.-M., Seeger, H., Mück, A. O., Bitzer, J., and Wallwiener, M. (2010). Prevalence of sexual dysfunction and impact of contraception in female German medical students. *J. Sex. Med.* 7, 2139–2148. doi: 10.1111/j.1743-6109.2010.01742.x
- Weinberger, J. M., Houman, J., Caron, A. T., and Anger, J. (2019). Female sexual dysfunction: A systematic review of outcomes across various treatment modalities. *Sex. Med. Rev.* 7, 223–250. doi: 10.1016/j.sxmr.2017.12.004
- Wiegel, M., Meston, C., and Rosen, R. C. (2005). The female sexual function index (FSFI): Cross-validation and development of clinical cutoff scores. *J. Sex Marital Ther.* 31, 1–20. doi: 10.1080/00926230590475206
- Willoughby, B. J., Farero, A. M., and Busby, D. M. (2014). Exploring the effects of sexual desire discrepancy among married couples. *Arch. Sex. Behav.* 43, 551–562. doi: 10.1007/s10508-013-0181-2
- Wu, Y., Ou, J., Wang, X., Zilioli, S., Tobler, P. N., and Li, Y. (2022). Exogenous testosterone increases sexual impulsivity in heterosexual men. *Psychoneuroendocrinology* 145:105914. doi: 10.1016/j.psyneuen.2022.105914
- Wylomanski, S., Bouquin, R., Philippe, H.-J., Poulin, Y., Hanf, M., Dréno, B., et al. (2014). Psychometric properties of the French female sexual function index (FSFI). *Qual. Life Res.* 23, 2079–2087. doi: 10.1007/s11136-014-0652-5
- Zethraeus, N., Dreber, A., Ranehill, E., Blomberg, L., Labrie, F., Schoultz, B., et al. (2016). Combined oral contraceptives and sexual function in women—a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 101, 4046–4053. doi: 10.1210/jc.2016-2032
- Ziogas, A., Habermeyer, E., Santtila, P., Poepl, T. B., and Mokros, A. (2023). Neuroelectric correlates of human sexuality: A review and meta-analysis. *Arch. Sex. Behav.* 52, 497–596. doi: 10.1007/s10508-019-01547-3