

Enkodierung und Dekodierung mimischer Schmerzreaktionen



Inaugural-Dissertation
in der Fakultät Physiologische Psychologie
der Otto-Friedrich-Universität Bamberg
vorgelegt von
Peter Justus Göller
aus
Hirschaid

Bamberg 2024

Diese Arbeit hat der Fakultät Physiologische Psychologie der Otto-Friedrich-Universität Bamberg als Dissertation vorgelegen.

Gutachterin/Gutachter: Prof. Dr. Miriam Kunz

Gutachterin/Gutachter: Prof. Dr. Stefan Lautenbacher

Tag der mündlichen Prüfung: 21.11.2024

Members of the Thesis Committee:

Dekan: Prof. Dr. Claus H. Carstensen

Vorsitz: Univ.-Prof. Dr. Claus-Christian Carbon

Erstgutachter: Prof. Dr. Miriam Kunz

Weiterer Gutachter: Prof. Dr. Stefan Lautenbacher

Weiterer Prüfer: Prof. Dr. Thomas Weißer (Laubach)

Dieses Werk ist als freie Onlineversion über das Forschungsinformationssystem (FIS; <https://fis.uni-bamberg.de>) der Universität Bamberg erreichbar. Das Werk steht unter der CC-Lizenz CC-BY-NC.

Lizenzvertrag: Creative Commons Attribution- NonCommercial 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



URN: urn:nbn:de:bvb:473-irb-1053308

DOI: <https://doi.org/10.20378/irb-105330>

Von der oben genannten Lizenzangabe ausgenommen sind folgende Bestandteile dieser Dissertation:

Studie I "How gender affects the decoding of facial expressions of pain" (S. 65-74) und Studie III "Vicarious facilitation of facial responses to pain: Does the others' expression need to be painful?" (S. 89-99) stehen unter der CC-Lizenz CC BY.

Lizenzvertrag: Creative Commons Namensnennung 4.0

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



Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des A-B-C Modells der Schmerzmimikkommunikation

Abbildung 2: Grafische Darstellung des Hauptfokus der vorliegenden Arbeit in Form einer vereinfachten, erweiterten Darstellung des A-B-C Modells der Schmerzmimikkommunikation

Abbildung 3: Peltier-Thermode am Bein für Hitzestimulation

Abbildung 4: Männliche und weibliche computergenerierte Avatare mit entsprechenden Mimiken

Abbildung 5: Schemenhafter Ablauf eines experimentellen Trials im Labor

Abbildung 6: Schmerzmimikreaktion einiger Probanden

Abbildung 7: SAM-Skala für Valenz und Arousal und VAS-Skalen für Intensitäts- und Unangenehmheitsbewertung

Abbildung 8: Angelegte EDA-Elektroden an der Hand

Abbildung 9: Vereinfachte Darstellung der Ergebnisse der Studien 2 & 3 in Bezug auf das A-B-C Modell

Abkürzungsverzeichnis:

AU	Action Unit
AUs	Action Units
FACS	Facial Action Coding System
NRS	Numerische Ratingskala
SAM	Self-AssessmentManikin
SCR	Skin Conductance Response
EDA	Elektrodermale Aktivität
VAS	Visuelle Analogskala
INS	Insula
ACC	Anteriorer Cingulärer Cortex
OFC	Orbifrontaler Cortex

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Dissertation das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretischer Hintergrund	3
2.1	Schmerz	3
2.2	Experimentelle Schmerztestung	4
2.2.1	Induktion von Schmerz.....	4
2.2.2	Erfassung von Schmerz.....	5
2.3	Mimische Schmerzkommunikation	6
2.3.1	Mimische Enkodierung von Schmerz.....	8
2.3.2	Abbildungseigenschaften der Schmerzmimik.....	10
2.3.3	Wie lassen sich die Variationen in der mimischen Enkodierung von Schmerz erklären? Die Rolle sozialer Lerneinflüsse	11
2.4	Dekodierung der Schmerzmimik.....	12
2.5	Interaktion zwischen Enkodierung und Dekodierung mimischer Schmerzreaktion... ..	13
2.6	Interaktion von Dekodierung und Enkodierung als Priming Effekt	15
2.6.1	Motivational Priming	15
2.6.2	Motor-Priming	16
3	Forschungsfragen der Dissertation	18
3.1	Hauptfragestellungen der Dissertation.....	19
4	Eigene experimentelle Arbeiten	20
4.1	Gemeinsamkeiten in der Methodik.....	20
4.1.1	Unabhängige Variablen.....	20
4.1.2	Priming in dieser Dissertation.....	24
4.1.3	Abhängige Variablen	25
5	Studienzusammenfassung	30
5.1	Studienzusammenfassung 1.....	30
5.1.1	Theoretischer Hintergrund	30
5.1.2	Methode.....	31
5.1.3	Ergebnisse	32

5.1.4	Diskussion	32
5.2	Studienzusammenfassung 2.....	34
5.2.1	Theoretischer Hintergrund	34
5.2.2	Methode.....	34
5.2.3	Ergebnisse	35
5.2.4	Diskussion	35
5.3	Studienzusammenfassung 3.....	37
5.3.1	Theoretischer Hintergrund	37
5.3.2	Methode.....	37
5.3.3	Ergebnisse	38
5.3.4	Diskussion	38
6	Übergreifende Diskussion	41
6.1	Erklärungsmodell Motivational Priming.....	42
6.2	Erklärungsmodell Motor Priming.....	44
6.3	Zusammenfassung der Erklärungsmodelle zu Priming.....	45
6.4	Erklärungsmodell Neuroanatomie	46
6.5	Ökologische Validität in Studie 2 & 3	49
6.6	Klinische Implikationen	50
6.7	Limitationen und Ausblick	51
6.8	Zukünftige Forschung.....	52
6.9	Conclusion.....	52
7	Literatur	53
8	Danksagung	63
9	Anhang	64
9.1	Anhang 1: Studie I	64
9.2	Anhang 2: Studie II	75
9.3	Anhang 3: Studie III	87

1 Einleitung

Die Mimik einer Person liefert wichtige Informationen über deren Befinden, Gedanken, Gefühle und Motive und spielt sowohl im sozialen als auch im klinischen Kontext eine bedeutsame Rolle (Ekman, 1984, 1999a; Gosselin et al., 1995; Hadjistavropoulos et al., 2011; Kunz et al., 2019; Kunz et al., 2007).

Der mimische Schmerzausdruck hat hierbei eine besondere Bedeutung, da Schmerz in der Regel auf eine Verletzung und mögliche benötigte Hilfe durch Andere hinweist und zur Schmerzerfassung genutzt werden kann, wodurch dem mimischen Schmerzausdruck auch eine hohe klinische Relevanz zukommt.

Der Prozess der mimischen Schmerzkommunikation wird in der Forschung gemäß Rosenthals A-B-C Modell der nonverbalen Kommunikation (1982) konzipiert (Rosenthal, 1982). Nach dem Modell wird der innere Zustand „Schmerz“ (A) durch die Aktivierung bestimmter Gesichtsmuskeln enkodiert (B), welche in die soziale Welt „ausgestrahlt“ werden, wo sie von anderen entschlüsselt werden können (C) (Hadjistavropoulos & Craig, 2002; Prkachin & Craig, 1995). Die Forschung zur mimischen Schmerzkommunikation konzentriert sich traditionell entweder ausschließlich auf die Enkodierung oder ausschließlich auf die Dekodierung mimischer Schmerzreaktionen. Die Forschung zur Enkodierung verwendet zur Erfassung der mimischen Schmerzreaktion das Facial Action Coding System (Ekman & Friesen, 1978), das die mimische Schmerzreaktionen in unterschiedliche Action Units (bestimmte Gesichtsmuskelbewegungen) unterteilt. Obwohl mimische Schmerzreaktionen eher automatische, reflexartige und angeborene Reaktionen sind (Craig et al., 2010), scheint auch Lernen eine zentrale Rolle zu spielen (Kunz & Lautenbacher, 2019; Kunz et al., 2019). Zudem gibt es starke interindividuelle Unterschiede im mimischen Schmerzausdruck, so gibt es wenig expressive und sehr expressive Menschen (Kunz, 2011).

Die Forschung zur Dekodierung mimischer Schmerzreaktionen konnte zeigen, dass der mimische Schmerzausdruck gut von anderen Affektzuständen unterschieden werden kann (Göller et al., 2023; Kunz, 2015), zumindest wenn es sich um gestellte prototypische Mimikreaktionen handelt. Das Dekodieren des mimischen Schmerzausdrucks hat auch eine hohe klinische Relevanz, da dieser zum Beispiel als Alternative für einen subjektiven, verbalen Schmerzbericht herangezogen werden kann und dies vor allem bei non-verbalen Individuen (z.B. Säuglinge, stark demente Personen) eine wichtige Rolle spielt (Breau et al., 2001; Kunz et al., 2007; Peters et al., 2003; Prkachin & Solomon, 2008).

Der mimische Schmerzausdruck entsteht zumeist nicht in einem isolierten Raum, sondern wie im A-B-C Modell der mimischen Schmerzkommunikation hervorgehoben, spielt der

soziale, kommunikative Aspekt eine wichtige Rolle. So konnte gezeigt werden, dass der mimische Schmerzausdruck durch soziale Faktoren (z.B. Anwesenheit einer fremden vs. vertrauten Person) beeinflusst wird (Kappesser, 2019; Karmann et al., 2014; Kunz et al., 2018). Inwieweit die Mimik des Interaktionspartners (Dekodierung) hierbei den mimischen Schmerzausdruck (Enkodierung) beeinflussen kann, wurde in den Studien bislang nicht erfasst. Diese Interaktion von Dekodierung und Enkodierung im Rahmen der mimischen Schmerzkommunikation soll im Rahmen dieser Dissertation nun untersucht werden. Genauer gesagt soll geklärt werden, ob die Dekodierung von Schmerzmimiken (eines Interaktionspartners) mit der Enkodierung der eigenen Schmerzmimik interagiert.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Schmerz

Schmerz ist als "eine unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung, die mit tatsächlicher oder potenzieller Gewebsschädigung in Verbindung steht oder dieser ähnelt" durch die Internationale Vereinigung zur Erforschung von Schmerz (IASP) definiert (Raja et al., 2020). Diese Definition dient als gemeinsame Grundlage für die Kommunikation zwischen Forschern, Ärzten und anderen Fachleuten, die mit Schmerz arbeiten (Jensen & Gebhart, 2008; Williams & Craig, 2016) und betont zugleich den multidimensionalen Charakter von Schmerz. Denn Schmerz wird nicht nur als eine rein körperliche Empfindung verstanden, sondern spiegelt sich auch in der emotionalen Ebene wider. Des Weiteren wird betont, dass Schmerz nicht mit der Nozizeption gleichzusetzen ist. Schmerz ist die bewusste Wahrnehmung und Bewertung einer nozizeptiven Empfindung (Magerl & Treede, 2017). Diese nozizeptive Empfindung bezieht sich dabei auf den rein physiologischen Prozess der Codierung schädlicher Reize (Flor et al., 2023; IASP, 2023; Registries; Yılmaz & Aydın, 2023).

Die Schmerzwahrnehmung wird als multidimensional definiert und umfasst verschiedene Aspekte, darunter die motivational-affektive Komponente (aktuelle emotionale Aspekte des Schmerzes), die sensorisch-diskriminative Komponente (z.B. Schmerzlokalisierung und Intensität), die motorische Komponente (z.B. Verhaltensrückzugsreflexe), die kognitive Komponente (Schmerzbewertung basierend auf Erfahrungen) und die vegetative Komponente (Reaktionen im autonomen Nervensystem) (Gallacchi & Pilger, 2005; Magerl & Treede, 2017).

Drittens wird die persönliche Natur des Schmerzes durch die Definition des IASP betont. Schmerz ist eine subjektive Erfahrung, und die Berichte einer Person über ihren Schmerz müssen so akzeptiert werden, wie sie von der Person wahrgenommen werden. Der Schmerz kann dabei auf verschiedene Weisen ausgedrückt werden (Raja et al., 2020).

Viertens berücksichtigt diese Version erstmals die soziale Dimension als möglichen Einfluss auf Schmerz im Gegensatz zur älteren Definition, die sich hauptsächlich auf die biologischen und psychologischen Aspekte von Schmerz konzentrierte. Schmerz kann also nicht nur als eine rein biologische oder psychologische Reaktion betrachtet werden, sondern auch als Ergebnis sozialer Interaktionen, Kommunikation und Erfahrungen (Williams & Craig, 2016).

Des Weiteren ist bei Schmerz noch nach der Dauer des Schmerzes zu unterscheiden. Es gibt akuten Schmerz, der eine wichtige Warnfunktion innehat, häufig eine klare Ursache hat und zumeist nur für eine begrenzte Zeit andauert, bis die Ursache behandelt ist und chronischen Schmerz, der sich als langwieriger und oft deutlich belastender (Kröner-Herwig & Lautenbacher, 2017) zeigt. Chronischer Schmerz ist nach der „International Association for the Study of Pain“ (IASP) als Schmerz definiert, der als intermittierender Schmerz wiederkehrend auftritt oder länger als drei Monate anhält (Treede et al., 2019).

Trotz eines stetigen Fortschrittes im Verständnis von Schmerz bleibt die Behandlung von (chronischem) Schmerz eine erhebliche Herausforderung. In vielen Fällen ist die aktuelle Therapie unzureichend und Patienten sind mit ihrer Behandlung unzufrieden und erleben erhebliche Einschränkungen in ihrem Alltag (Dueñas et al., 2020).

2.2 Experimentelle Schmerztestung

Um die Mechanismen besser zu verstehen, die bei der Entstehung, Aufrechterhaltung und Modifikation von Schmerzen eine Rolle spielen, eignet sich eine experimentelle Schmerztestung am besten. Bei der experimentellen Schmerztestung lassen sich die Schmerzreize in Bezug auf Intensität, Dauer, Zeitpunkt des Auftretens und Art kontrollieren und überwachen. So lässt sich gewährleisten, dass die Schmerzantwort der Probanden möglichst frei von Störeinflüssen ist (Kröner-Herwig & Lautenbacher, 2017; Olesen et al., 2012; Petersen-Felix & Arendt-Nielsen, 2002; Staahl & Drewes, 2004).

2.2.1 Induktion von Schmerz

Es werden mehrere verschiedene Methoden zur Induktion experimenteller Schmerzreize unterschieden, die zu unterschiedlichen subjektiven Schmerzqualitäten (Kröner-Herwig & Lautenbacher, 2017) führen können. So gibt es thermische Schmerzstimulationen, die mittels Peltier-Thermode oder durch Eintauchen der Hand in eiskaltes oder heißes Wasser durchgeführt werden. Ein gut validiertes Beispiel hierfür ist der sogenannte "Cold Pressor Task" (CPT), bei dem die Probanden aufgefordert werden, ihre Hand in ein eiskaltes Wasserbad mit einer typischen Temperatur von etwa 0-5°C so lange wie möglich einzutauchen (Pouwels et al., 2019). Diese Art der Schmerzstimulationen können zusätzlich zu Schmerz auch kardiovaskulären Stress auslösen (Pouwels et al., 2019). Des Weiteren

gibt es auch mechanische Stimulationen wie Druckschmerz, der gerade in Bezug auf Muskel- und Gewebepathologien relevant ist. Es gibt aber auch elektrische Stimulation, mit der sich auch einzelne Nervenfasern stimulieren und Rezeptoren umgehen lassen, was zu einer unspezifischen nozizeptiven Aktivierung führt (Handwerker & Kobal, 1993; Kröner-Herwig & Lautenbacher, 2017; Staahl & Drewes, 2004).

2.2.2 Erfassung von Schmerz

Schmerzreaktionen auf experimentelle Schmerzreize können in psychophysiologische, psychophysische und Verhaltensmessungen unterteilt werden (Kröner-Herwig & Lautenbacher, 2017). Zu den häufigsten psychophysischen Messungen gehören die individuelle Schmerzschwelle, die die untere Grenze der Schmerzwahrnehmung darstellt und die Schmerztoleranz, die die obere Grenze der Schmerzwahrnehmung darstellt. Für die subjektive Bewertung der Schmerzreize werden als psychophysisches Maß gerne subjektive Schmerzberichte herangezogen. Hierbei unterscheidet man numerische Ratingskalen (NRS) oder visuelle Analogskalen (VAS) als validierte Methoden zur Erfassung selbstberichteten Schmerzes (Price et al., 1994). Während die VAS eine kontinuierliche Messung mit Ankerpunkten ist, ist die NRS kategorial und mit numerischen Werten versehen (Kröner-Herwig & Lautenbacher, 2017). Die Selbstberichtsskalen sollten mit einer sensorischen und einer affektiven Komponente erfasst werden. Da Schmerz, per Definition, eine persönliche Erfahrung ist, kann der Selbstbericht hierbei als Goldstandard angesehen werden. Der Selbstbericht kann jedoch auch durch verschiedene Einflüsse verzerrt sein (Geuter et al., 2014).

Psychophysiologische Messungen erfassen die Reaktionen des autonomen und zentralen Nervensystems. Ein Beispiel für psychophysiologische Parameter des autonomen Nervensystems ist die Hautleitfähigkeit, bei der die elektrodermale Aktivität erfasst wird. Eine erhöhte elektrodermale Aktivität wird dabei durch eine Abnahme des elektrischen Widerstands der Haut als Reaktion auf eingehende Reize und eine verstärkte Sekretion der ekkrinen Schweißdrüsen erzeugt. Dies kann durch das Messen des elektrischen Widerstands zwischen zwei Elektroden auf der Hautoberfläche erfasst werden, während ein konstanter Strom von einer geringen Amperzahl bei konstanter Voltzahl fließt (Boucsein, 2012; Boucsein & Boucsein, 2012; Dawson et al., 2007). Als Reaktion auf schmerzhafte Reize ist die Hautleitfähigkeit erhöht und kann in der „EDA-Antwort“ zwischen Reizintensitäten unterscheiden (z.B. stärker erhöht, bei stärkerer Schmerzstimulation)

(Geuter et al., 2014; Loggia et al., 2011; Matthewson et al., 2019). Es hat sich auch gezeigt, dass die Hautleitfähigkeit und der subjektive Schmerzbericht miteinander korrelieren (Loggia et al., 2011), und die Hautleitfähigkeit als psychophysiologisches Maß auch selbstberichteten Schmerz vorhersagen konnte (Geuter et al., 2014; Matthewson et al., 2019).

Des Weiteren lassen sich auch Verhaltensmessungen als Schmerzindikatoren erfassen. Neben Körperhaltung und Vokalisation gehört hierzu auch die Erfassung der Mimikreaktion auf Schmerz. Da die mimische Schmerzreaktion der Fokus der vorliegenden Arbeit ist, soll dies in den weiteren Abschnitten detailliert behandelt werden.

2.3 Mimische Schmerzkommunikation

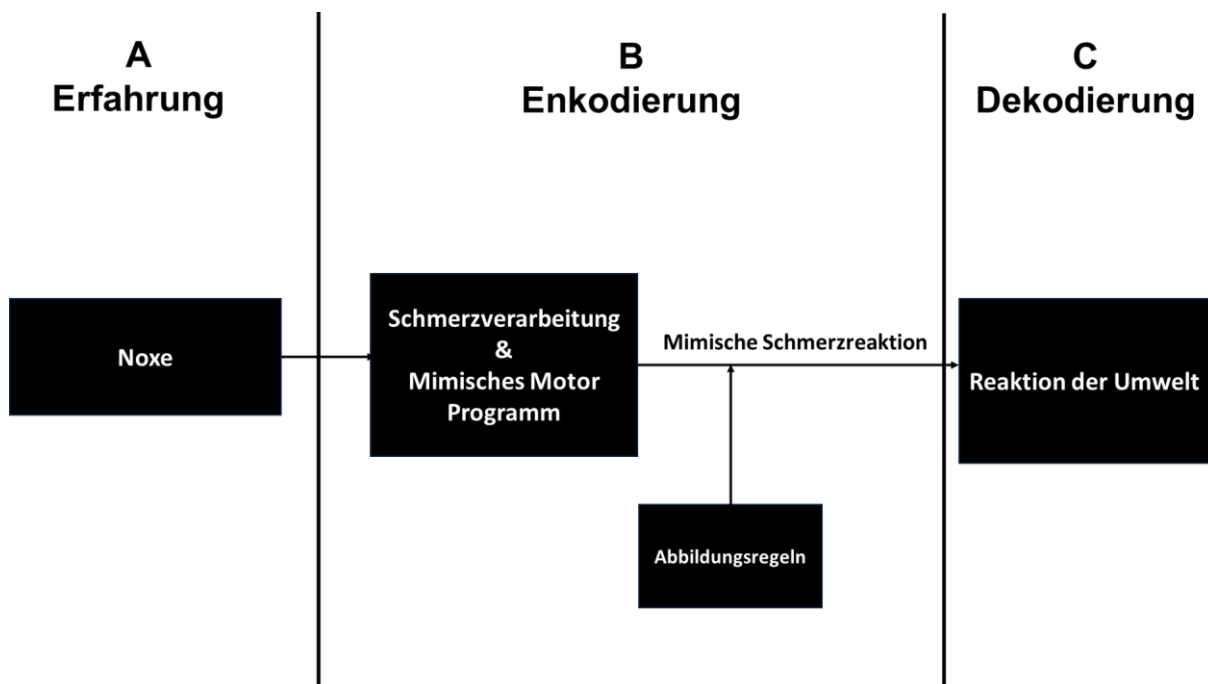


Abbildung 1: Vereinfachte und schemenhafte Darstellung eines Modells der mimischen Schmerzkommunikation, das die Prozesse darstellt, die an der mimischen Enkodierung und Dekodierung von Schmerz beteiligt sind nach Prkachin & Craig (1995) (Prkachin & Craig, 1995) und auf Basis des A-B-C Modells der nonverbalen Kommunikation nach Rosenthal (Rosenthal, 1982). Das Motor Programm zeigt unterschiedliche Zeitpunkte für den Beginn spezifischer Mimikbewegungen.

Ein wichtiger sozialer und kommunikativer Faktor bei Schmerz ist neben verbalen Äußerungen, Vokalisation und Gestik die Schmerzmimik. Sie dient als eine nonverbale Kommunikation des Schmerzes, die sich in der Mimik einer Person oder eines Tieres widerspiegelt. Sie fungiert als Warnsystem, kann die Bereitschaft anderer zur Hilfe und auch Empathie bei anderen auslösen und trägt den erlebten und wahrgenommenen Schmerz

einer Person als Information nach außen in sein soziales Umfeld. Damit hat die Schmerzmimik sowohl eine kommunikative als auch eine soziale Funktion (Craig, 2015; Craig et al., 2010; Hadjistavropoulos et al., 2011; Kunz, Lautenbacher, et al., 2012; Kunz et al., 2009; Williams, 2002). Die Schmerzmimik hat den weiteren Vorteil, dass sie als Alternative zum verbalen und subjektiven Schmerzbericht zur Schmerzerfassung herangezogen werden kann (Breau et al., 2001; Hadjistavropoulos et al., 2000; Kunz, Lautenbacher, et al., 2012; Kunz et al., 2004; Kunz et al., 2007; Lilley et al., 1997; Peters et al., 2003; Prkachin & Solomon, 2008), was besonders für sogenannte „non-verbale Individuen“ (z.B. Demenzpatienten, Säuglinge) von Vorteil sein kann. Denn Individuen, die ihren Schmerz noch nicht oder nicht mehr angemessen kommunizieren können, zeigen ihre Schmerzwahrnehmung dennoch in der Mimikreaktion.

Abbildung 1 zeigt ein vereinfachtes Modell, dass die Enkodierung und Dekodierung des mimischen Schmerzausdrucks schemenhaft darstellt. Es beruht auf dem „model of pain expression“ von Prkachin & Craig (1995) (Prkachin & Craig, 1995) und beruht auf dem A-B-C Modell der nonverbalen Kommunikation nach Rosenthal (Rosenthal, 1982). Nach dem Modell wird der innere Zustand „Schmerz“ (A/Erfahrung) durch die Aktivierung bestimmter mimischer-motorischer Programme (Gesichtsmuskeln) nach bestimmten Abbildungsregeln enkodiert (B/Enkodieren), welche in die soziale Welt „ausgestrahlt“ werden, wo sie von anderen entschlüsselt werden können und darauf reagiert werden kann (C/Dekodieren) (Hadjistavropoulos & Craig, 2002; Prkachin & Craig, 1995).

Hadjistavropoulos et al. (2011) (Hadjistavropoulos et al., 2011) erweiterten das A-B-C Modell mit dem gedanklichen Modell der „Biopsychosocial Formulation of Pain Communication“ und teilt die Schmerzkommunikation in 3 Bereiche ein: „action“, „interaction“ und „transaction“. Damit wird bereits versucht, die komplexeren Interaktionen zwischen Enkodierung und Dekodierung bei Schmerz abzubilden. Mit „action“ sind dabei eher automatisierte Handlungen gemeint, die durch individuelle Neigung bzw. den inneren Antrieb Schmerz zu kommunizieren, gekennzeichnet sind. Diese automatisierte Handlung ist bereits sehr funktionell, da das automatisch generierte Signal anderen als Warnung vor physischen Bedrohungen und Gefahr dienen kann (Williams, 2002). „Action entspricht dabei dem Übergang von A nach B im A-B-C Modell. Bei "interaction" und "transaction" tauschen zwei Personen absichtlich Informationen aus, wobei der Beobachter den Schmerzausdruck hinsichtlich, Gefühlen, Gedanken und Zielen deuten und verstehen soll (Hadjistavropoulos et al., 2011). Automatische Schmerzmimikreaktionen können dabei durch bewusste Kontrolle verändert werden (Craig et al., 2010; Rinn, 1984). Eine "transaction" geht über die reine Kommunikation hinaus und kann positive oder negative Ergebnisse für die Person haben, die die Schmerzmimik zeigt. Die Schmerzmimikkommunikation kann das Überleben fördern,

aber auch negative Reaktionen auslösen, wie Ausnutzung der Verletzlichkeit oder Bestrafung (Craig, 2009; Hadjistavropoulos et al., 2011; Hill & Craig, 2004; Karmann, 2015). Somit kann nach Hadjistavropoulos (Hadjistavropoulos et al., 2011) das A-B-C Modell erweitert werden und stellt die (mimische) Schmerzkommunikation nicht als einfachen linearen Kommunikationsfluss dar, sondern als komplexen interaktiven Prozess.

Bisher wurden nur sehr wenige Versuche unternommen, den vollständigen Prozess der mimischen Schmerzkommunikation (von Enkodierung bis zur Dekodierung) empirisch zu erfassen und auch in Bezug auf die Interaktion von Enkodierungs- und Dekodierungsprozessen fehlen empirische Untersuchungen weitestgehend. Aus diesem Grund sollen Enkodier- und Dekodierprozesse der mimischen Schmerzkommunikation getrennt voneinander dargestellt werden.

2.3.1 Mimische Enkodierung von Schmerz

Für die Enkodierung und die Beschreibung der Schmerzmimik gibt es mehrere Möglichkeiten, wie EMG oder beschreiben der Muskelbewegungen im Gesicht (Sato et al., 2008). Ein Verfahren, das sich hierbei als valide und gängig erwiesen hat, ist das Facial Action Coding System (kurz FACS) (Ekman & Friesen, 1978). Es dient dazu, reflexartige Mimikbewegungen genauer zu untersuchen und eine einheitliche Sprache in der Forschung zu schaffen, wenn man über Mimiken spricht. Es handelt sich dabei um ein anatomisch basiertes Kodierschema, das 44 verschiedene Gesichtsmuskelbewegungen unterscheidet. Für jede dieser Gesichtsmuskelbewegungen (sogenannte Action Units; kurz AUs) werden Intensität, Frequenz, (5-stufige Skala) und Dauer kodiert, so dass deren Relevanz beurteilt werden kann. So lassen sich mimische Schmerzausdrücke, aber auch Mimiken anderer Affektzustände erkennen und in Dauer und Intensität erfassen und beschreiben.

Es konnte gezeigt werden, dass es bestimmte Gesichtsmuskelbewegungen gibt, die typischerweise an der mimischen Schmerzreaktion beteiligt sind (Kunz et al., 2018; Kunz & Lautenbacher, 2014; Kunz et al., 2019; Kunz, Prkachin, & Lautenbacher, 2013; Prkachin, 1992; Prkachin & Solomon, 2008). Zum mimischen Schmerzausdruck gehören typischerweise die Kontraktion der Muskulatur um die Augen herum (Musculus orbicularis oculi) (AU6 & AU7), die Kontraktion der Augenbrauen (Musculus corrugator supercilii) (AU4), das Heben der Oberlippe und die Faltenbildung auf dem Nasenrücken (Musculus levator labii superioris) (AU9 & AU10), sowie das Öffnen des Mundes (Musculus orbicularis oris) (AU 25 & AU26 & AU27) (Hill & Craig, 2002; Kunz et al., 2006; Kunz et al., 2018; Kunz &

Lautenbacher, 2014; Kunz et al., 2019; Kunz et al., 2004; Prkachin, 1992; Prkachin et al., 1994).

Trotz des empirischen Nachweises prototypischer Schmerzmimiken, die sich signifikant (in Teilen der AUs) von anderen Affektausdrücken unterscheiden lassen, bedeutet dies nicht, dass immer durch die Aktivierung dieser prototypischen Muskelbewegungen von allen Personen zu jeder Zeit das Erleben von Schmerz enkodiert wird (Kunz, 2015). Die prototypischen Schmerzmimiken stellen daher eher eine Art Kernmimikreaktion dar, die jedoch nur in Teilen auftreten kann oder durch andere Mimiken überlagert werden kann (Craig et al., 2010; Kunz, 2015; Kunz et al., 2009). Es hat sich ebenfalls gezeigt, dass die Schmerzmimik eine Konstanz über die Altersspanne hinweg aufweist, da sich Schmerzmimiken bereits bei Neugeborenen zeigen und auch im Alter erhalten bleiben (Hadjistavropoulos et al., 2011; Karmann et al., 2014; Kunz, Mylius, et al., 2008; Williams, 2002). Es gibt auch ein hohes Maß an inter- und intraindividuellen Unterschieden, die die Schmerzmimiken kennzeichnen (Kunz, 2015). Es zeigen sich Variationen und Unterschiede in der Abbildung der mimischen Schmerzexpressivität (hinsichtlich der Stärke oder Intensität des mimischen Ausdruckverhaltens) (Kunz, 2015). So kann bei subjektiv gleicher Angabe eines starken Schmerzempfindens die mimische Expressivität von einem völligen Ausbleiben jeglicher Mimikreaktion bis hin zu sehr starken Mimikreaktionen reichen (Kunz, 2015). Diese Variationen in der mimischen Schmerzexpressivität führen dazu, dass die Korrelationen zwischen subjektiven Schmerzangabe und Mimikreaktion zumeist nur sehr schwach ausfallen (Kunz, 2015; Kunz et al., 2004). Einzig die intraindividuelle Korrelation von subjektiven Schmerzangaben und Mimikreaktion (über unterschiedliche Reizintensitäten hinweg oder über die Zeit hinweg innerhalb einer Person) zeigen mäßige bis starke Zusammenhänge (Kunz, 2015; Kunz et al., 2006; Kunz et al., 2004). Daraus ergibt sich, dass auf Grund der Stärke des mimischen Schmerzausdrucks zwar nicht über Personen hinweg, aber innerhalb einer Person ein Rückschluss auf die subjektive Schmerzintensität gebildet werden kann (Kunz, 2015; Kunz et al., 2004). Neben der Stärke der mimischen Schmerzmimik (Quantität) gibt es auch Variationen hinsichtlich der mimischen Schmerzmuster (Qualität) (Kunz, Chatelle, et al., 2008; Kunz, Rainville, & Lautenbacher, 2011). Für den mimische Schmerzausdruck hat sich empirisch gezeigt, dass man vor allem 5 qualitative Variationen der Schmerzmimik unterscheiden kann, die sowohl im Labor- als auch im Kliniksetting auftreten (Göller et al., 2023, 2024; Kunz & Lautenbacher, 2014; Meister et al., 2021).

Es wird unterschieden zwischen:

- (I) Kontraktion der Muskulatur um die Augen herum (Musculus orbicularis oculi) (AU6 & AU7) in Kombination mit Kontraktion der Augenbrauen (Musculus corrugator supercilii) (AU4) und dem Heben der Oberlippe und Faltenbildung auf dem Nasenrücken (Musculus levator labii superioris) (AU9 & AU10);
- (II) geöffneter Mund (Musculus orbicularis oris) (AU 25 & AU26 & AU27) in Kombination mit Kontraktion der Muskulatur um die Augen herum (Musculus orbicularis oculi) (AU6 & AU7);
- (III) hochgezogene Augenbrauen (Musculus frontalis) (AU 1 & AU2) (diese Variation kommt relativ selten vor und findet daher in dieser Arbeit keine weitere Beachtung); und
- (IV) Kontraktion der Augenbrauen (Musculus corrugator supercilii) (AU4) in Kombination mit Kontraktion der Muskulatur um die Augen herum (Musculus orbicularis oculi) (AU6 & AU7).
- (V) Darüber hinaus gibt es eine fünfte Variation, die Personen beinhaltet, die während Schmerzen keinerlei Mimikreaktion zeigen (stoische Mimikreaktionsgruppe) (Göller et al., 2023, 2024; Kunz & Lautenbacher, 2014; Meister et al., 2021).

2.3.2 Abbildungseigenschaften der Schmerzmimik

Die Schmerzmimik spiegelt die Multidimensionalität von Schmerzerfahrungen wider (Karmann, 2015). Dies zeigt sich sowohl in der affektiv-motivationalen (Bewertung und emotionale Reaktionen auf den Schmerz) Dimension als auch in der sensorisch-diskriminativen (Ort, Dauer, Intensität des Schmerzes) Dimension des Schmerzes (Kunz, Lautenbacher, et al., 2012). Diese beiden Dimensionen lassen sich gut durch ein Schmerzintensitätsrating und durch ein Rating der Unangenehmheit des Schmerzes erfassen. Es zeigte sich eine Korrelation der Dimensionen mit der Schmerzmimik, was dafürspricht, dass diese Dimensionen in der Schmerzmimik abgebildet sind und sich auch

auf einzelne AUs zurückführen lassen (Kunz, Lautenbacher, et al., 2012). Es hat sich hier gezeigt, dass die AU 6_7 (verstärkte Kontraktion der Muskulatur um die Augen herum) eher die Schmerzsensorik abbilden (Kunz et al., 2020), wohingegen die AU 4 (Kontraktion der Augenbrauen) und AU 9_10 (Kontraktion des Levator-Muskels) eher den Schmerzaffekt widerspiegeln (Kunz, Lautenbacher, et al., 2012).

2.3.3 Wie lassen sich die Variationen in der mimischen Enkodierung von Schmerz erklären? Die Rolle sozialer Lerneinflüsse

Obwohl Mimikreaktionen, inklusive des mimischen Schmerzausdrucks genetisch gebahnt und angeboren sind, unterliegt die mimische Schmerzenkodierung auch unterschiedlichen Einflussfaktoren. Einer davon bezieht sich auf das Modellernen. In einer Studie hat sich hier gezeigt, dass von Geburt an blinde Personen ein ähnliches Repertoire an schmerzbezogenen Mimiken hatten, wie sehende Personen (Kunz, Faltermeier, & Lautenbacher, 2012). Jedoch hat sich hierbei auch gezeigt, dass Blinde weniger in der Lage waren unterschiedliche Intensitäten des Schmerzes mimisch zu enkodieren und ihre Schmerzmimik zu modellieren. Daraus kann geschlossen werden, dass das Repertoire der während des Schmerzes aktivierten Gesichtsmuskeln biologisch vorbereitet ist. Allerdings ist visuelles Lernen (Modellernen) eine Voraussetzung, um unterschiedliche Intensitäten des Schmerzes mimisch zu enkodieren sowie die eigene Mimikregulation zu steuern (Kunz, Faltermeier, & Lautenbacher, 2012). Es hat sich ebenfalls gezeigt, dass operante und weitere soziale Lernerfahrungen einen großen Einfluss auf die menschliche Schmerzmimik haben (Kunz, Faltermeier, & Lautenbacher, 2012; Kunz & Lautenbacher, 2019). Wilbert E. Fordyce vertrat bereits 1976 in seiner publizierten Lerntheorie zum chronischen Schmerz die Annahme, dass das Schmerzverhalten (Mimikreaktion, Schonverhalten, Schmerzbericht) durch eine positive Verstärkung (soziale Hinwendung) aufrechterhalten wird und daraus folgend operantes Lernen zur Entwicklung chronischer Schmerzen beitragen würde (Fordyce, 1976; Kunz & Lautenbacher, 2019). In Übereinstimmung mit Fordyces Hypothese konnte gezeigt werden, dass der mimische Schmerzausdruck durch positive Verstärkung modifizierbar ist (Kunz, Rainville, & Lautenbacher, 2011). Durch Verstärkungslernen kann also die Schmerzmimikreaktion auf experimentelle Schmerzreize verstärkt oder abgeschwächt werden (Kunz & Lautenbacher, 2019). Es hat sich auch gezeigt, dass die Intensität der gezeigten Schmerzmimik von einem Interaktionspartner abhängig sein kann. So ist der mimische Schmerzausdruck zum Beispiel im Beisein von fremden Personen deutlich weniger intensiv als im Beisein vertrauter Personen (z.B. Partner, Eltern) (Karmann et al., 2014; Kunz & Lautenbacher, 2019; Vervoort, Caes, Trost, et al., 2011). Diese

Erkenntnis führt zu der Annahme, dass bereits im Kindesalter, basierend auf sozialen Regeln, gelernt wird, den mimischen Schmerzausdruck in Gegenwart fremder Personen zu inhibieren (Kunz & Lautenbacher, 2019). Diese sozial erlernte Regulation des mimischen Schmerzausdrucks erfolgt über ein Netzwerk im fronto-striatalem System (Karmann et al., 2016; Kunz, Chen, et al., 2011; Kunz & Lautenbacher, 2019). In diesem Netzwerk dient wohl der mediale Präfrontalkortex als eine Art „Mimik-Tor“, das entscheidet in welchem Maß Menschen ihr Schmerzerleben über ihre Mimik ihrer sozialen Umwelt mitteilen (Kunz & Lautenbacher, 2019).

2.4 Dekodierung der Schmerzmimik

Für die mimische Schmerzkommunikation ist es wichtig, dass die Schmerzmimik eines Interaktionspartners erkannt und richtig interpretiert wird (Lautenbacher & Kunz, 2019). Hierbei unterscheidet man zwischen der kategorialen Schmerzerkennung und der dimensionalen Schmerzeinschätzung (Lautenbacher & Kunz, 2019). Die kategoriale Schmerzerkennung bezieht sich hierbei auf die Fähigkeit, mimische Reaktionen überhaupt als Ausdruck von Schmerz korrekt identifizieren zu können und von anderen mimischen Affektausdrücken unterscheiden zu können (Lautenbacher & Kunz, 2019). Wohingegen sich die dimensionale Schmerzeinschätzung auf die Fähigkeit eines Beobachters bezieht, die Stärke des Schmerzempfindens eines Menschen anhand dessen Mimikreaktion richtig zu beurteilen (Lautenbacher & Kunz, 2019). Für das kategoriale Dekodieren ist festzustellen, dass die Schmerzmimik von Personen signifikant gut von den Mimiken anderer affektiver Zustände (Freude, Ärger, Traurigkeit, Überraschung, Ekel, Angst) unterschieden werden kann (Deyo et al., 2004; Kappesser & de Williams, 2002; Simon et al., 2008). Somit scheint es sich beim mimischen Schmerzausdruck um eine spezifische und von anderen mimischen Affektausdrücken abgrenzbare Reaktion zu handeln (Karmann et al., 2014).

Jedoch hat sich auch gezeigt, dass Schmerzmimik im Vergleich zu anderen negativen Affektmimiken seltener erkannt wird und dass die Intensität der Schmerzmimik um 50-80 % (Prkachin et al., 1994) unterschätzt wird (Lautenbacher & Kunz, 2019). Die dimensionale Einschätzung gelingt also häufig nicht gut und die Schmerzstärke wird häufig unterschätzt, was wiederum eine bedeutende klinische Relevanz hat (Hampton et al., 2018; Kappesser & Williams, 2010; Prkachin et al., 2004; Prkachin et al., 2007; Zhang et al., 2021). Interessanterweise hat sich gezeigt, dass die Profession (z.B. Pflegekräfte) einen Einfluss auf die Dekodierleistung haben. Hierbei hat sich in einigen Befunden gezeigt, dass z.B.

Pflegekräfte eher geneigt sind, Schmerzintensität zu unterschätzen (Lautenbacher & Kunz, 2019; Puntillo et al., 2003), was aber sowohl am Kontext der Dekodierung liegen kann und auch daran, dass z.B. Pflegepersonal häufig auch noch weitere Kontextinformationen zur Verfügung stehen. In der kategorialen Schmerzerkennung gibt es aber keine signifikanten Unterschiede zu anderen Professionen (Lautenbacher & Kunz, 2019).

Neben der eher kognitiven Dekodierleistung (kategoriale und dimensionale Einschätzungen) spielen bei der Dekodierung von Schmerzmimik auch empathische Prozesse, wie emotionale Ansteckung bei der Betrachtung von Schmerzmimiken, eine wichtige Rolle. So konnte z.B. gezeigt werden, dass Personen mit einem höheren Empathieempfinden Schmerz bei einem Interaktionspartner eher höher bewerten und so nicht so anfällig für die Schmerzunterschätzungstendenz sind (Green et al., 2009). Des Weiteren hat sich auch gezeigt, dass Schmerzmimiken beim Betrachter Belastungsempfindungen auslösen, was dafür spricht, dass sie sich durch den Bedrohungswert einer Schmerzmimik anstecken lassen (Grynberg & Maurage, 2014). Des Weiteren werden beim Betrachten von Schmerzmimiken ähnliche Gehirnareale aktiviert, wie beim Erleben von Schmerz z.B. Insula und ACC (Bernhardt & Singer, 2012; Singer & Lamm, 2009; Xiong et al., 2019). Dies legt nahe, dass die Dekodierung der Schmerzmimik Bereiche im Gehirn aktiviert, die auch beim Schmerzerleben beteiligt sind und eine große Rolle für soziale Kognitionen spielen (Budell et al., 2010; Zhou et al., 2020).

Es hat sich auch gezeigt, dass das Betrachten von Schmerzmimik das Schmerzerleben selbst beeinflussen kann. Es kommt zum Phänomen, dass die Beobachtung von mimischen Schmerzausdrücken beim Beobachter den eigenen Schmerz erhöht. Dies wird in der wissenschaftlichen Literatur als „vicarious pain facilitation“ bezeichnet (Khatibi et al., 2023). „Vicarious pain facilitation“ wurde bereits in einigen Studien untersucht. Hierbei konnte gezeigt werden, dass das Betrachten von Schmerzmimik beim Beobachter zu erhöhten Schmerzreaktionen führte; so zeigten sich erhöhte subjektive, autonome (Reichert et al., 2013), motorische (Mailhot et al., 2012; Vachon-Presseau et al., 2011) und neuronale Reaktionen (Khatibi et al., 2023; Khatibi et al., 2014; Xiang et al., 2018) auf einen schmerzhaften Stimulus. Es zeigte sich also eine Schmerzfaszilitation, die sich auf den unterschiedlichen Antwortebenen gezeigt hat, wenn die Probanden davor Schmerzmimiken sahen.

2.5 Interaktion zwischen Enkodierung und Dekodierung mimischer Schmerzreaktion

Das A-B-C Modell der mimischen Schmerzkommunikation (Rosenthal, 1982) sowie das Modell zur Schmerzkommunikation nach Hadjistavropoulos (Hadjistavropoulos et al., 2011) haben bereits verdeutlicht, dass das Enkodieren und Dekodieren von Schmerzmimik nicht isoliert betrachtet werden können, sondern stets in Verbindung mit sozialen Interaktionsprozessen stehen. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf eben diesen Interaktionsprozessen während der Schmerzkommunikation, bei denen Dekodierung und Enkodierung interagieren. Zum Einfluss der Schmerzmimik eines Interaktionspartners (Botvinick et al., 2005; Chiesa et al., 2015; Yamada & Decety, 2009) auf die Schmerzwahrnehmung gibt es wie oben dargestellt schon einige Befunde (z.B. „vicarious facilitation of pain“). Jedoch fehlen bislang Studien dazu, inwieweit das Beobachten von Schmerzmimik (Dekodierung), Einfluss auf die mimische Schmerzreaktion (Enkodierung) nimmt (siehe Abbildung 2). Es ist interessant, dass gerade der korrespondierende Kanal zur Schmerzmimik eines Interaktionspartners, nämlich die Schmerzmimikreaktion (eines Probanden) in der Forschung bisher kaum Beachtung fand. Dies ist verwunderlich, insbesondere, weil sich gezeigt hat, dass sich die Schmerzmimikreaktion (das Enkodieren), obwohl sie weitgehend automatisch und reflexiv ist (Craig et al., 2010), gut durch soziale (Kappesser, 2019; Karmann et al., 2014; Kunz et al., 2018) und affektive (Bastengünther et al., 2021; Lautenbacher & Kunz, 2017) Reize beeinflussen lässt. Das (erweiterte) A-B-C Modell zur Schmerzkommunikation verdeutlicht, dass Dekodierung und Enkodierung nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können. Es wäre daher äußerst interessant, die Interaktion von mimischer Schmerzdekodierung und -enkodierung im Kontext dieses Modells zu untersuchen. In einer sozialen Situation, in der es zu einer Schmerzmimikreaktion kommt, fungiert die enkodierende Person auch als Dekodierer in Bezug auf die Reaktion ihrer sozialen Umgebung (z.B. die Mimik eines Interaktionspartners) und passt gegebenenfalls ihre Enkodierung an die dekodierten sozialen Einflüsse an. Somit ist es sehr wahrscheinlich, dass die dekodierten sozialen Inhalte die mimische Schmerzenkodierung beeinflussen, und die Person, die Schmerzen erfährt, wird sowohl zum Enkodierer als auch zum Dekodierer (siehe Abbildung 2). Diese Interaktion bezieht sich vor allem auf die Aspekte "Interaktion" und "Transaktion" im Rahmen des Modells der Schmerzkommunikation (Hadjistavropoulos et al., 2011). Sie stellt einen bedeutenden Einflussfaktor auf das Verständnis der Schmerzmimik und der Schmerzkommunikation in sozialen Situationen dar, der näher entschlüsselt werden muss. Es könnte zum Beispiel für den Schmerzrezipienten eine Rolle spielen, ob sein soziales Umfeld mimisch eher positive

oder negative Affektzustände kommuniziert. Dies könnte einen Einfluss auf das Schmerzerleben haben als auch auf die mimische Enkodierung auf Seiten des Schmerzrezipienten. So traue ich mich eventuell nicht meinen Schmerz mimisch zu enkodieren, wenn mein soziales Umfeld eher Ablehnung oder Aggression mimisch kommuniziert. Ziel dieser Studie ist es daher, genauer zu untersuchen, ob das Betrachten von Affekt-/Schmerzmimik eines Interaktionspartners (Dekodierung) die mimische Schmerzreaktion von Probanden (Enkodierung) beeinflusst.

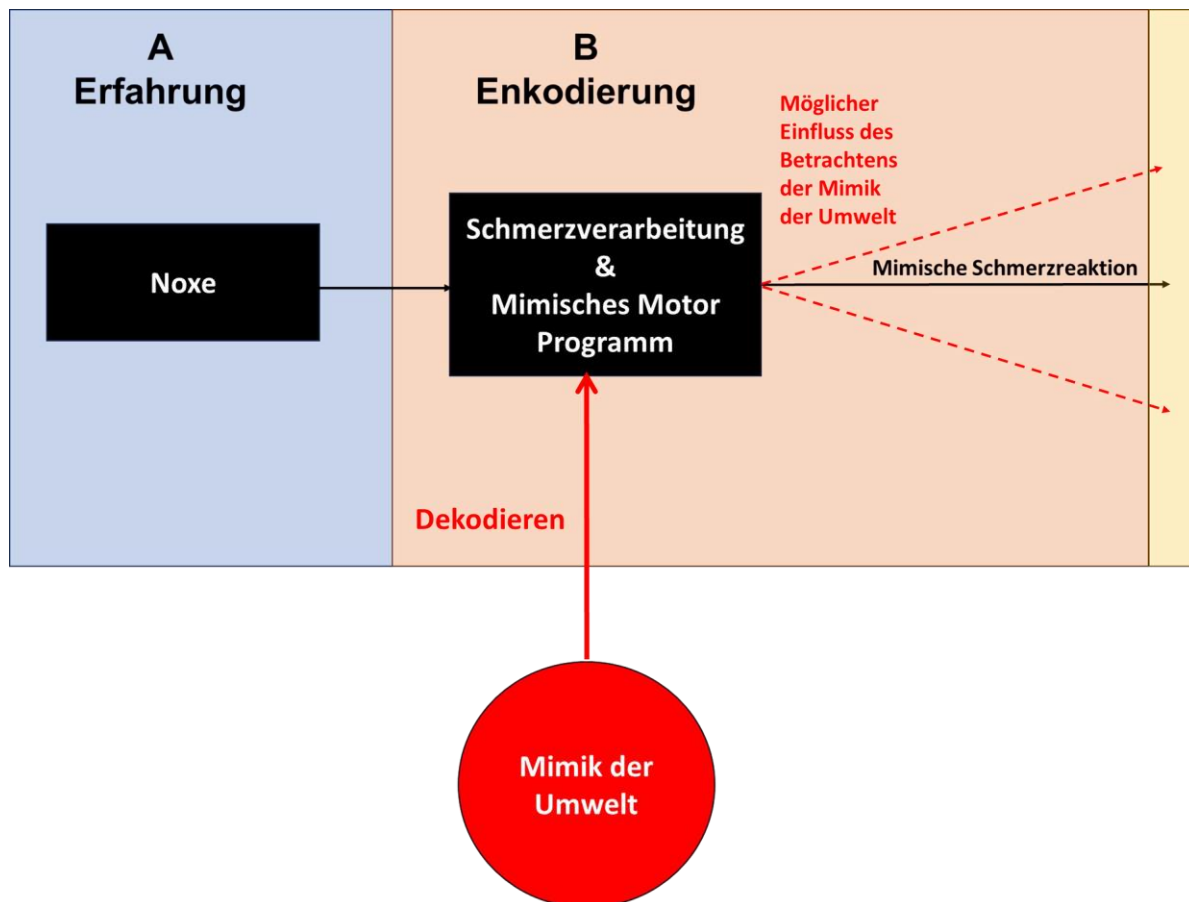


Abbildung 2: Grafische Darstellung des Hauptfokus der vorliegenden Arbeit. Wir haben hier versucht, die Interaktion der Enkodierung und Dekodierung darzustellen und aufzuzeigen, dass die mimische Schmerzenkodierung auch durch die Mimikreaktion der Umwelt beeinflusst wird.

2.6 Interaktion von Dekodierung und Enkodierung als Priming Effekt

2.6.1 Motivational Priming

Als Erklärungsmodell für „vicarious pain facilitation“ Prozesse wird vor allem die „Motivational Priming Theory“ nach (Lang, 1995) herangezogen. Auf diese Theorie wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen und die Begrifflichkeiten werden erklärt. „Priming“ ist ein weitverbreitetes Verfahren, das vor allem in der Sozialpsychologie und klinischen Psychologie Anwendung findet. Der Begriff „Priming“ wurde erstmals in der kognitiven Psychologie von Karl Lashley 1951 gebraucht und als interner Prozess mit vorbereitender Funktion beschrieben (Lashley, 1951). Gemeint ist damit, dass Reize, aufgrund vorangegangener Stimuli, die bewusst oder nicht-bewusst wahrgenommen werden, anders (z.B. intensiver oder schneller) verarbeitet werden. Lang (1995) entwickelte die Priming Idee weiter hinsichtlich von Gemütszuständen und Affektreaktionen und entwarf die Motivational Priming Theorie. Diese wird von uns in unseren Studien aufgegriffen und besagt, dass Emotionen und Motive automatisch und unbewusst durch externe Reize (Primes) aktiviert werden können, was das Verhalten beeinflusst. So aktiviert das Beobachten eines negativen Reizes (z. B. das Beobachten eines mimischen Schmerzausdrucks) das aversive System, was die Empfindlichkeit gegenüber einem nachfolgenden kongruenten Reiz erhöht (z. B. verstärkte Reaktionen auf experimentellen Schmerz) (Lang, 1995). Es hat sich gezeigt, dass bei der Motivational Priming Theory verschiedene Reize als Primes herangezogen werden konnten. So konnten z.B. Wörter (Richter et al., 2011; Richter et al., 2014), negative Bilder (Chiesa et al., 2015; Meng et al., 2012) aber auch die Schmerzmimik (Khatibi et al., 2023) als Primes verwendet werden, die sich zum Beispiel dann verstärkend auf die nachfolgende Schmerzverarbeitung auswirkten. Es gibt weitere Studien, die die Schmerzmimik eines Interaktionspartners als Prime verwendeten und die Reaktion auf die Schmerzverarbeitung untersuchten. Wieser et al. (2014), fanden einen schmerzverstärkenden Effekt auf die Intensität und die Unangenehmheitsbewertung der Probanden auf einen schmerzhaften Reiz. Mailhot et al. (2012) und Vachon-Preseu et al. (2011) fanden hierbei höhere Unangenehmheit bei den Probanden und eine stärkere NFR-Reaktion, Khatibi et al. (2023) fand eine stärkere Schmerzbewertung, stärkere NFR-Reaktionen und eine stärkere Reaktion in bestimmten Gehirnbereichen (Insula Amygdala, MCC, Paracentral Lobus, Precuneus, Supplementärer-Motorkortex und Pre-central gyrus). Umso überraschender ist es, dass der entsprechende kongruente Reaktionskanal der Schmerzmimik, nämlich die mimische Schmerzenkodierung, bisher größtenteils vernachlässigt und nicht weiter untersucht wurde (Reicherts et al., 2013).

2.6.2 Motor-Priming

Gerade weil die Schmerz mimik, wie oben beschrieben, so eine bedeutende kommunikative Funktion einnimmt, ist es wichtig alle dahinter liegenden Mechanismen genau zu kennen. Motor-Priming könnte bei der Verarbeitung der Schmerz mimik eines Interaktionspartners und bei der eigenen Schmerz mimikreaktion ebenfalls eine Rolle spielen. Bei Motor-Priming handelt es sich um einen Primingprozess, bei dem das beobachtete motorische Verhalten eine entsprechende interne motorische Repräsentation aktiviert (Iacoboni et al., 1999), was zu einer Verstärkung des entsprechenden kongruenten motorischen Verhaltens beim Beobachter führt (Jackson & Decety, 2004). So könnte es zum Beispiel sein, dass Probanden, die bei einem Interaktionspartner vermehrt die Kontraktion der Augenbrauen (*Musculus corrugator supercilii*) (AU4) sehen, dann auch entsprechend mit einem vermehrten Auftreten der Kontraktion der Augenbrauen (*Musculus corrugator supercilii*) (AU4) bei der Enkodierung der eigenen Schmerz mimik, auf Schmerz reize reagieren. Aufgrund der Variabilität der Schmerz mimik (unterschiedliche Action Units und unterschiedliche Variationen), die oben aufgeführt wurde, lässt sich gut untersuchen, ob die mimische Enkodierung von Schmerz auch durch Motor-Priming beeinflusst wird.

3 Forschungsfragen der Dissertation

In den vorherigen Abschnitten wurde auf die mimischer Schmerzdekodierung und -enkodierung eingegangen und aus dem (erweiterten) A-B-C Modell (Rosenthal, 1982) wird ersichtlich, dass die Interaktion von mimischer Schmerzdekodierung und -enkodierung eine wichtige Rolle spielen könnte, die bisher in der Forschung weitestgehend vernachlässigt wurde. Dies hat uns zu unseren Forschungsfragen und Studien bewegt, die nachfolgend dargestellt werden.

Studie 1 sollte die Dekodierung des mimischen Schmerzausdrucks untersuchen und vor allem als eine Art Validierung des Stimulusmaterials für Studie 2 und 3 dienen. Zu diesem Zweck haben wir in Studie 1 Mimikausdrücke von Schmerz und anderen Affektzuständen (durch Avatare generiert) bewerten lassen.

In Studie 2 sollte vor allem der Einfluss des Betrachtens von Schmerzmimik eines Interaktionspartners (Dekodierung) auf die nachfolgende mimische Enkodierung von Schmerz untersucht werden. Hierfür betrachteten die Probanden vor Schmerzstimulation die Schmerzmimik eines Avatars und wir haben untersucht, ob sich hierdurch die mimische Schmerzreaktion der Probanden verändert.

Studie 3 baut auf den Ergebnissen von Studie 2 auf. Hier sollte nun untersucht werden, ob der Mimikausdruck eines Interaktionspartners schmerzspezifisch sein muss um eine „vicarious pain facilitation“, also eine erhöhte mimische Schmerzenkodierung bei Probanden auszulösen oder ob es auch durch eine vorherige Exposition anderer negativer valenter Mimiken ebenfalls zu einer „vicarious pain facilitation“ der mimischen Schmerzenkodierung kommt. Aus diesem Grund wurde den Probanden nicht nur Schmerzmimik eines Avatars dargeboten, sondern auch andere Affektzustände (z.B. Trauer oder Freude).

Hauptfragestellungen der Dissertation wurden dementsprechend vor allem in Studie 2 und 3 adressiert.

3.1 Hauptfragestellungen der Dissertation

Studie 2 hat dabei folgende Fragestellungen untersucht:

Fragestellung 1: Das Beobachten unterschiedlicher Variationen der Schmerzmimik eines Interaktionspartners beeinflusst die nachfolgende mimische Schmerzenkodierung.

Unterfragestellung 1a: Basierend auf der "Motivational Priming Theory" wird angenommen, dass der negativ-valente Prime „Schmerzmimik“ zu einer erhöhten mimischen Schmerzenkodierung bei den Probanden führt.

Unterfragestellung 1b: Basierend auf dem Motor-Priming wird angenommen, dass bei den Probanden insbesondere die mimischen Akte gesteigert sind, die bei den entsprechenden Primes der „Schmerzmimik“ vorkommen.

Studie 3 hat die folgenden Fragestellungen untersucht:

Fragestellung 2: Das Beobachten verschiedener Mimiken (einschließlich Schmerzmimik, Trauermimik, Freudemimik und neutraler Mimik) eines Interaktionspartners beeinflusst die nachfolgende mimische Schmerzenkodierung.

Unterfragestellung 2a: Basierend auf der "Motivational Priming Theory" wird angenommen, dass alle negativ-valenten Primes (nicht nur Schmerz, sondern auch Trauer und Ärger) zu einer erhöhten mimischen Schmerzenkodierung bei den Probanden führen.

Unterfragestellung 2b: Basierend auf dem Motor-Priming wird angenommen, dass bei den Probanden insbesondere die mimischen Akte gesteigert sind, die bei den entsprechenden Primes vorkommen, unabhängig von der Valenz oder dem spezifischen Emotionsausdruck der Primes.

4 Eigene experimentelle Arbeiten

Unter der Leitung von Prof. Dr. Miriam Kunz, (Prof. Dr. Stefan Lautenbacher und Dr. Philipp Reicherts) wurden an der Universität Augsburg und Universität Bamberg drei Studien durchgeführt. Studie 1 beschäftigten sich mit der Wahrnehmung von unterschiedlichen Mimikreaktionen und der Validierung des Stimulusmaterials. In Studie 2 und 3 wurde das validierte Stimulusmaterial aus Studie 1 hergenommen, um zu untersuchen, inwieweit das Beobachten von Mimikreaktionen (Dekodierung) die Mimikreaktion auf experimentelle Schmerzreize (Enkodierung) beeinflusst.

Trotz inhaltlicher Unterschiede ergaben sich in der methodischen Umsetzung einige Gemeinsamkeiten. Diese Gemeinsamkeiten werden im folgenden Abschnitt dargestellt, um die Leserlichkeit zu erhöhen und Redundanzen in den folgenden Studienbeschreibungen zu vermeiden.

4.1 Gemeinsamkeiten in der Methodik

4.1.1 Unabhängige Variablen

4.1.1.1 Phasische/ Thermische Schmerzstimulation

In Studie 2 und 3 wurde bei der experimentellen Schmerzstimulation mit einer phasischen (in kurzen Phasen und wiederkehrende) Hitzestimulation mit einer Peltier – Thermode gearbeitet. Experimentelle Hitzereize lassen sie sich gut in Intensität, Frequenz und Zeitpunkt des Auftretens kontrollieren und sind experimentell etablierte, natürliche Schmerzstimuli (Cheing & Hui-Chan, 2003; Sprenger et al., 2006; Tousignant-Laflamme et al., 2008). So wurde in Studie 2 und 3 die mimische Reaktion der Probanden während phasischer, thermischer Schmerzstimulation aufgezeichnet. Hierbei wurden schmerzhafte und nicht-schmerzhafte Hitzereize an der Außenseite der linken Wade appliziert. Zur Reizinduktion wurde der Thermostimulator (TSA II) eingesetzt, der via Hitzekontaktthermode der Firma Medoc (Medoc TSA 2001; Medoc Ltd, Ramat Yishai, Israel) (3 x 3 cm), Hitzereize auf die Haut appliziert (Siehe Abbildung 3). Dieser Schmerzstimulator wird weltweit in klinischen Forschungssettings eingesetzt und wurde auch in einer Vielzahl anderer Studien mit der Genehmigung von Ethikkommissionen bereits erfolgreich genutzt.



Abbildung 3: Peltier-Thermode am Bein für Hitzestimulation

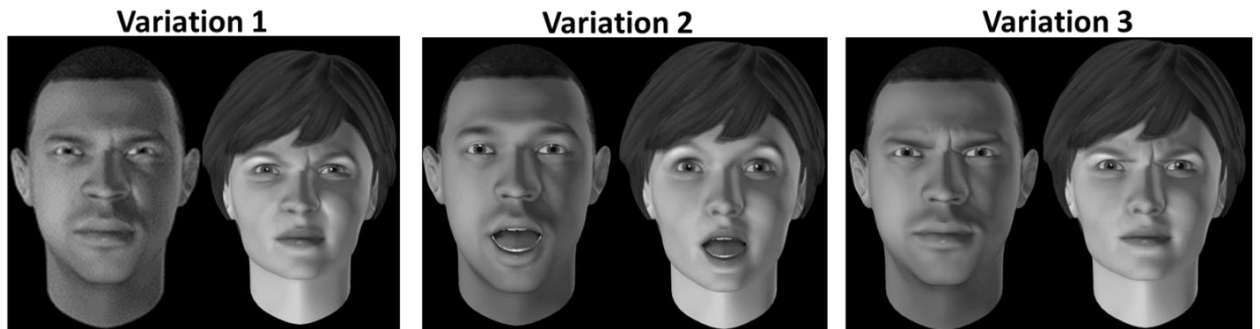
Zunächst sollten die Probanden ihre individuelle Schmerzschwelle bestimmen. Hierfür sollten die Probanden selbst die Temperatur einstellen, bei der sie das erste Mal einen leichten Schmerz verspürten und sich die Qualität des Hitzereizes für die Probanden änderte (z.B. von warm oder heiß zu stechend oder brennend). Die Baseline-Temperatur hierfür war 38°C . Es gab dafür einen Probedurchgang und im Anschluss vier Testdurchgänge, aus denen ein Mittelwert gebildet wurde. Bei der eigentlichen Hitzestimulation in den Experimenten in Studie 2 und 3 gab es schmerzhafte und nicht-schmerzhafte Reize. Die schmerzhaften Reize waren $+3^{\circ}\text{C}$ über der jeweiligen Schmerzschwelle der Probanden und die nicht-schmerzhaften lagen -1°C unter der jeweiligen Schmerzschwelle. Die Baseline-Temperatur betrug, wie schon bei der Schmerzschwellenbestimmung, 38°C . Die Hitzereize hatten eine Plateauphase von 5 Sekunden und die Temperatur stieg mit 4°C pro Sekunde (Rate of Rise) bis zum Erreichen des Plateaus.

4.1.1.2 Mimik als Stimulusmaterial

In allen Studien wurden computer-generierte Avatare als Stimulusmaterial herangezogen, da sich diese gut für Alter, Attraktivität und Intensität der gezeigten Mimikreaktion kontrollieren lassen und ähnliche Amygdala-Reaktionen auslösen, wie echte Menschen (Moser et al., 2007). Die in allen Studien verwendeten, als Stimulusmaterial dienenden, Mimiken (Schmerz, Ärger, Ekel, Trauer, Freude, Neutral), die den Probanden durch computergenerierte Avatare präsentiert wurden, wurden alle auf dieselbe Art und Weise erzeugt. Die Mimiken der Avatare wurden mit der Software FaceGen Modeller Core 3.5 (Version von 2019) modelliert. Die verwendeten Avatare hatten unterschiedliche Frisuren und Hautfarben, um sie so realistisch wie möglich zu gestalten. Die Videos mit verschiedenen dynamischen Mimiken wurden mit der Software FACSGen3 (Version von 2019) erstellt. Diese Software ermöglicht die Erzeugung von Mimiken basierend auf dem Facial Action Coding System (FACS), die bewiesenermaßen als emotional valide und zuverlässige Mimiken angesehen werden können (Krumhuber et al., 2012; Roesch et al., 2011). FACSGen3 ermöglicht außerdem die separate Animation jeder AU in Intensitätsstufen von 0 bis 100. Für die Schmerzmimiken wurden die AUs 4, 6_7, 9_10 und 25_26_27 (schmerzrelevante Action Units (Kunz et al., 2019)) in unterschiedlichen Kombinationen verwendet, die sich an einer früheren Studie orientieren, die aufzeigten dass es mehrere Variationen der Schmerzmimik gibt (Kunz & Lautenbacher, 2014). Es gab insgesamt 5 Variationen (siehe oben), von denen 3 in Studie 2 verwendet wurden (nämlich Variation 1, 2 und 4). Die verwendeten AU-Kombinationen für die Schmerzmimik wurden bereits in anderen Studien verwendet und als valide Schmerzmimiken validiert (Meister et al., 2021). Die anderen Mimiken bestanden aus Vorlagen des Programms hatten aber auch immer eine Action Unit bezogene Überschneidung mit den Schmerzmimiken, die hier als kursiv gekennzeichnet sind (Trauermimik (AU1; *AU4*; AU15), Ärgermimik (*AU4*; AU5; *AU6_7*; AU24) und Freudemimik (*AU6_7*; AU12) um Motor-Priming untersuchen zu können. Die verwendeten Mimiken waren ebenfalls validierte Affektmimiken und orientierten sich an den Basisemotionen des FACS nach Ekman (Ekman, 1999a, 1999b; Ekman & Friesen, 1978). Für alle unsere durchgeführten Studien wurde ein männlicher und ein weiblicher Avatar animiert, wobei identische Aktivitätsmuster in der Mimik verwendet wurden (siehe Abbildung 4). Die Mimiken wurden den Probanden in Form von Videos präsentiert, wobei jedes Video eine Dauer von 5000 ms hatte (Ruhezustand 1500 ms, Entfaltung der Mimik für 1000 ms, voll ausgeprägte Mimik für 500 ms, Abklingen der Mimik für weitere 1000 ms und erneuter Ruhezustand für 1000 ms). Jede Darbietung einer Mimik begann mit dem Erscheinen eines Fixationskreuzes (weißes Kreuz auf schwarzem Hintergrund) für 1000 ms. Die Videos starteten in Studie 2 und 3 1500 ms vor der Hitzestimulation und überlappten sich mit dem

Anstieg der Hitzestimulation (siehe Abbildung 5). Die Videos wurden mithilfe der Software Presentation gezeigt (Neurobehavioral Systems, Version 21.1; Build 09.05.19).

Studie 2: Variationen des mimischen Schmerzausdrucks



Studie 3: Verschiedene Mimiken

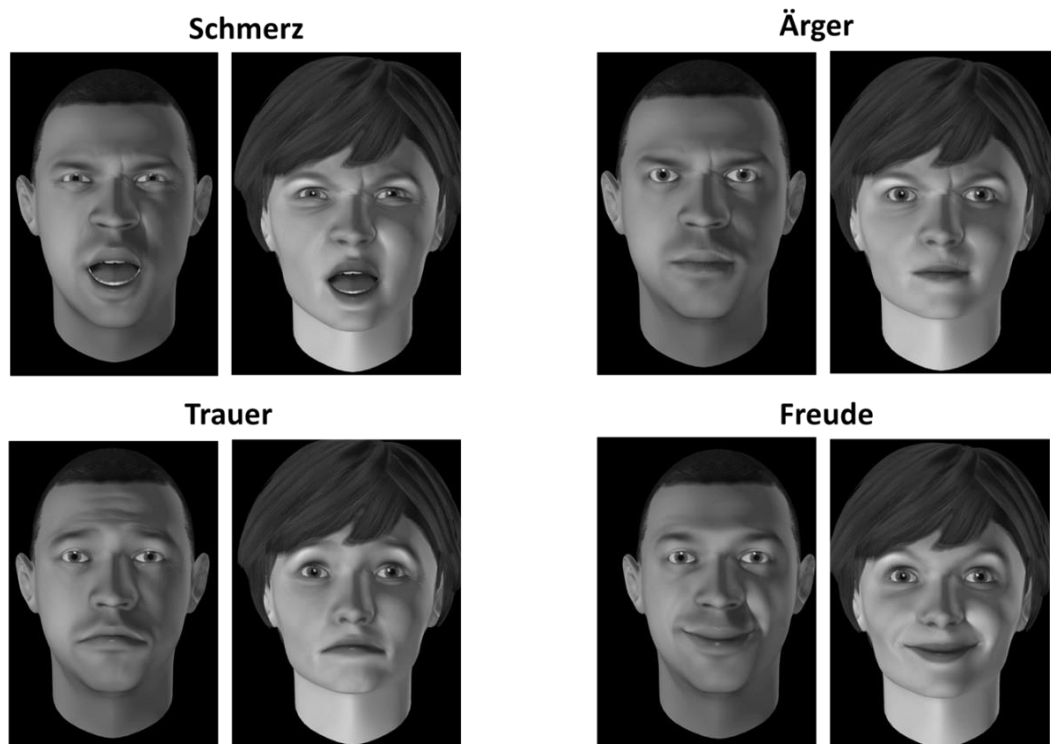


Abbildung 4: Männliche und weibliche computergenerierte Avatare mit entsprechenden Mimiken

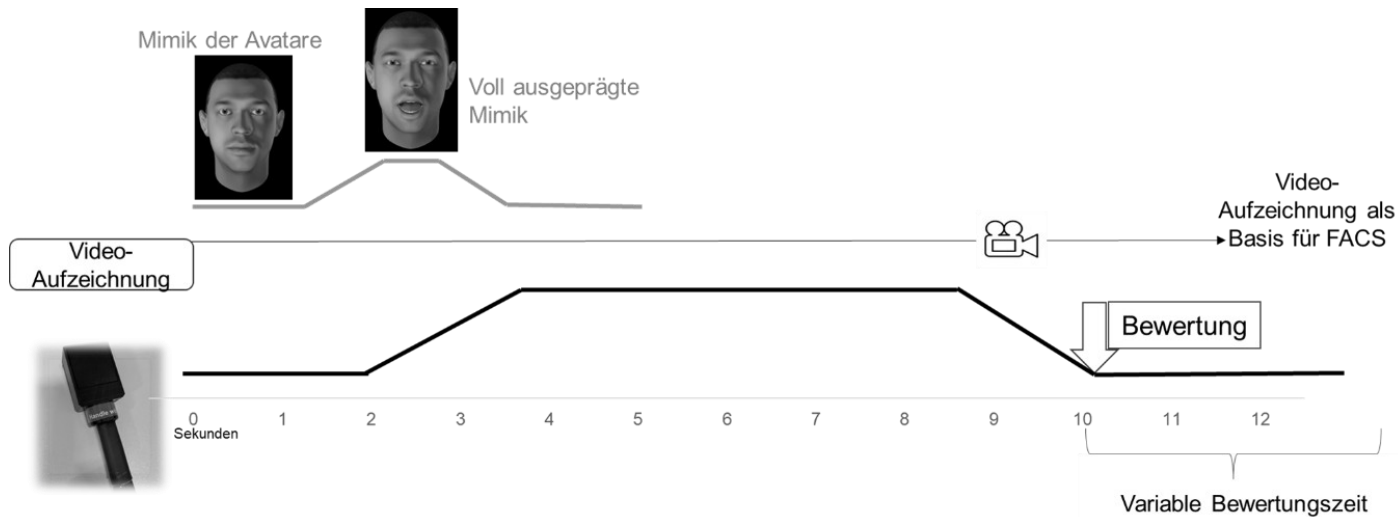


Abbildung 5: Schmerzhafter Ablauf eines experimentellen Trials im Labor

4.1.2 Priming in dieser Dissertation

Um die entsprechenden Interaktionen von mimischer Schmerzdekodierung und -enkodierung gut untersuchen zu können (Studie 2 & 3), haben wir uns an Khatibi et al. (2023) orientiert und auf bestehende Primingverfahren zurückgegriffen. Bei Khatibi et al. (2023) sahen die Probanden den Interaktionspartner und dessen Mimik ebenfalls vor der Darbietung eines schmerzhaften bzw. nicht-schmerzhaften Reizes. Bei uns weicht das Priming ebenfalls (ähnlich wie bei Khatibi et al. (2023)) vom klassischen Priming ab, da wir uns für eine bewusste Darbietung der Primes (Mimiken eines Interaktionspartners) über die Länge von 5 Sekunden entschieden haben und nicht eine Darbietung wählten, die mit 30-50 ms subliminal/unterschwellig wahrgenommen wird. Deswegen benutzen wir in unseren Studien auch primär den Begriff „vicarious pain facilitation“ und seltener den Begriff „Priming“. Studie 3 beinhaltete noch eine Zähl Aufgabe als Ablenkung.

4.1.3 Abhängige Variablen

4.1.3.1 Mimische Schmerzreaktion

Während Studie 2 und 3 wurde die Mimik der Probanden mithilfe einer Kamera aufgenommen (siehe beispielhafte Mimikreaktionen in Abbildung 6). Diese Mimik wurde anschließend von zertifizierten FACS-Kodierer, die eine Prüfung ablegen mussten, ausgewertet. Ein akustischer Reiz, der für den Probanden nicht hörbar war, markierte den Start und das Ende der einzelnen Hitzereize und diente für den FACS-Kodierer als Hinweis, wann die zu fassende Periode startete und endete. Mithilfe des Facial Action Coding Systems (Ekman & Friesen, 1978) erfolgte nach dem Experiment die Auswertung und Kodierung der Video-Aufnahmen, wobei die einzelnen Mimikbewegungen der Probanden in Action Units umgewandelt wurden und die Intensität dieser bewertet wurde. Die Interraterreliabilität, (berechnet mithilfe der Ekman-Friesen-Formel (Ekman & Friesen, 1978)), lag für beide Experimente bei .79 und .76 zwischen den verschiedenen FACS-Kodierern. Die FACS-Kodierung fand bei jedem Reiz über die Phase statt, in der der Hitzereiz seine Plateau-Phase erreicht hatte (5 Sekunden), inklusive 2 Sekunden nach Verlassen der Plateau-Phase, da Mimikreaktionen oftmals noch nachwirkten. Diese FACS-Kodierung erfolgte jeweils für schmerzhaftes als auch für nicht-schmerzhaftes Hitzereize. Die AUs 1&2, 6&7, 9&10 und 25,26&27 wurden zum Zweck notwendiger Datenreduktion zusammengefasst, was bereits in einigen anderen Studien ohne sich ergebenden Informationsverlust durchgeführt wurde (z.B. (Kunz et al., 2004; Kunz et al., 2007; Prkachin, 1992)). Die in den beiden Studien untersuchten, schmerzrelevanten AUs wurden basierend auf der relevanten Schmerzliteratur (z.B. (Kunz & Lautenbacher, 2014; Kunz et al., 2019)) ausgewählt und bezogen sich auf die gängige Schmerzmimik. Diese schmerzrelevanten AUs umfassten AU 4, AU 6&7, AU 9&10 und AU 25,26&27. Es wurden aber selbstverständlich alle Mimikreaktionen der Probanden mit dem FACS erfasst. In Studie 2 und 3 wurde im nächsten Schritt die mittlere Intensität und Häufigkeit, der so ausgewählten AUs für jede AU einzeln multipliziert und so ein Product-Term gebildet, der für die Auswertung herangezogen werden konnte und die Auftretenshäufigkeit und die Intensitäten der einzelnen AUs als einen Wert widerspiegelt.

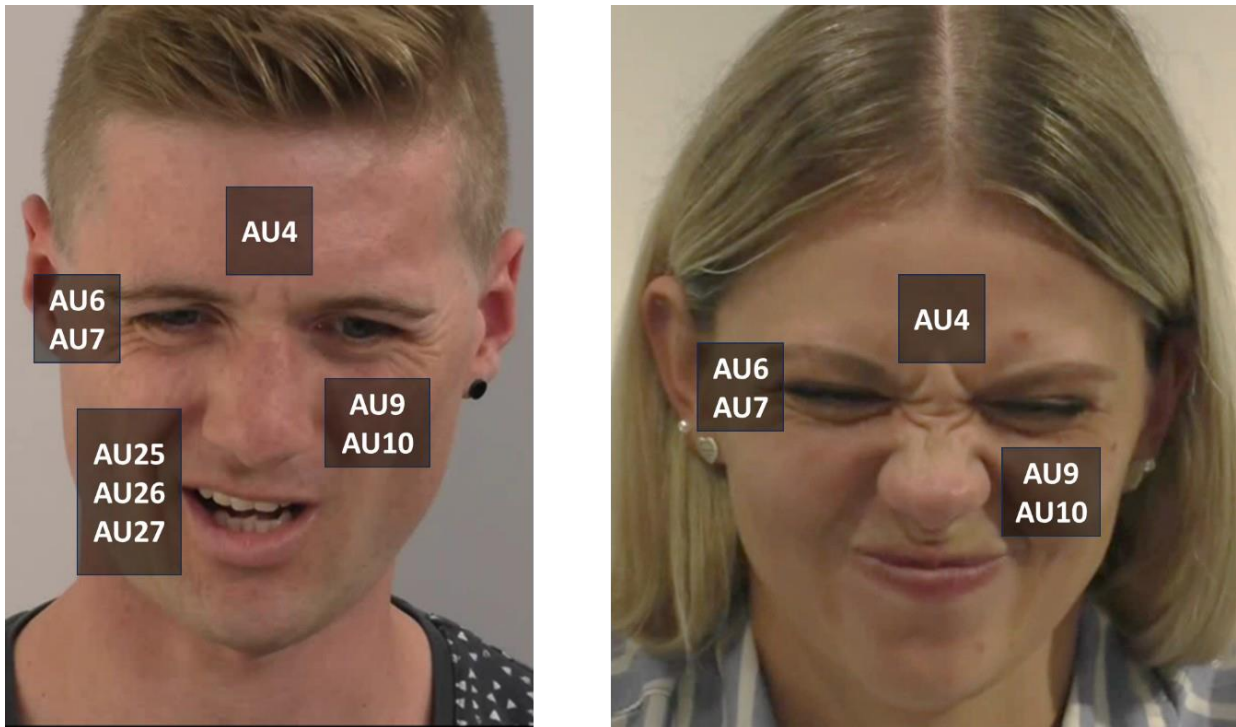


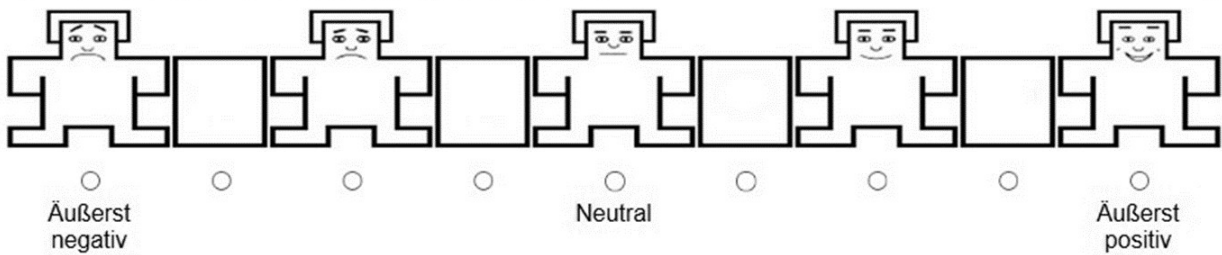
Abbildung 6: Beispiele von mimischen Schmerzreaktionen zweier Probanden. Die jeweiligen Action Units (AUs) sind angegeben.

4.1.3.2 Ratings

4.1.3.2.1 Valenz, Arousal, Intensität, Unangenehmheit

In den unten aufgelisteten Studien wurden verschiedene Ratingskalen wiederholt verwendet, weswegen sie hier aufgelistet und beschrieben werden sollen. In Studie 1 und 3 wurden Ratingskalen zur Valenz und zum „Arousal“ des Stimulusmaterials verwendet. Hierfür wurden die Teilnehmer nach jedem Videoclip gebeten, die Valenz und das „Arousal“ des Mimikausdrucks des Stimulusmaterials zu bewerten. Die Valenz und das „Arousal“ wurden mithilfe der Selbstbeurteilungs-Manekins (SAM (Bradley & Lang, 1994) erfasst, die in der Mitte des Computerbildschirms erschienen (Valenz im oberen Bereich, „Arousal“ im unteren Bereich). Die Bewertungen wurden durch einen Mausklick auf die Manekins oder in den Zwischenräumen vorgenommen (siehe Abbildung 7). Es gab 9 Kategorien (von "maximal positiv" bis "maximal negativ" für Valenz und von "maximal" bis "keine" für „Arousal“). Die Teilnehmer hatten unbegrenzt Zeit, um ihre Bewertungen abzugeben und erst nachdem die Teilnehmer die beiden Bewertungen abgegeben hatten, konnte mit dem nächsten Trial fortgefahren werden. Um die Probanden mit dem Bewertungsverfahren vertraut zu machen, wurden zu Beginn der Studien Übungsdurchgänge durchgeführt.

1. Wie hat sich die Person im Video gefühlt (Valenz)?



2. Wie hat sich die Person im Video gefühlt (Arousal)?

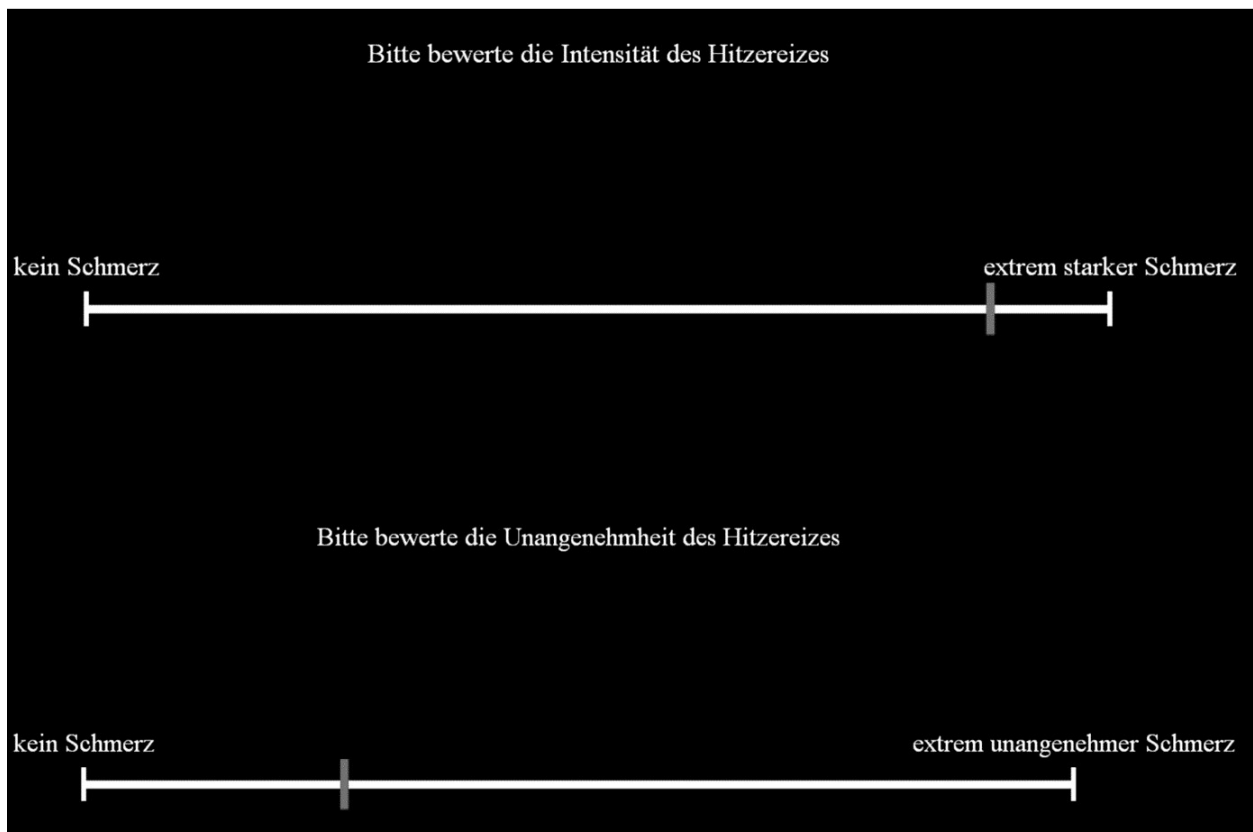
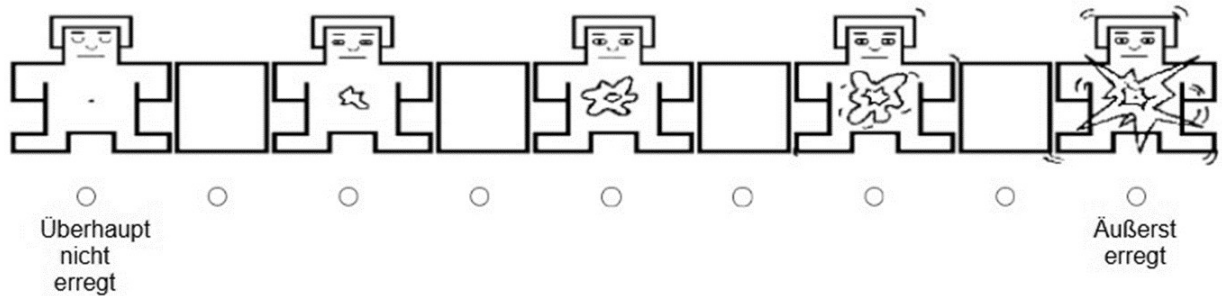


Abbildung 7: SAM-Skala für Valenz und Arousal und VAS-Skalen für Intensitäts- und Unangenehmheitsbewertung

In Studie 2 und 3 sollte die sensorische (Intensität) und die affektive (Unangenehmheit) Schmerzempfindung der Hitze-Stimulation bewertet werden. Hierfür wurden die Teilnehmer gebeten nach jeder Hitze-Stimulation, die Intensität und Unangenehmheit des Hitzeereizes mithilfe visueller Analogskalen (VAS) (siehe Abbildung 7) nacheinander zu bewerten.

Die Skala für die Intensität reichte von "kein Schmerz" bis zu "extrem starker Schmerz", und die Skala für die Unangenehmheit reichte von "kein Schmerz" bis "extrem unangenehmer Schmerz". Die beiden Skalen, jeweils in 100 Schritte unterteilt, wurden gleichzeitig auf dem Computerbildschirm angezeigt, und die Teilnehmer bewegten einen Schieberegler mit der Computermaus, um ihre Bewertungen anzugeben. Um die Vertrautheit der Probanden mit dem Bewertungsverfahren zu erhöhen, wurde ein Übungsdurchgang durchgeführt.

4.1.3.2.2 Hautleitfähigkeitsreaktion

In Studie 3 wurde zusätzlich noch die elektrodermale Aktivität (SCL (skin conductance level), ein Maß für die Aktivierung des sympathischen Nervensystems) als autonome Messung, untersucht. Für die SCL wurde derselbe Zeitraum ausgewählt, in dem auch die Mimikreaktion der Probanden untersucht wurde. Zur Aufzeichnung der Hautleitfähigkeit wurden zwei 22/10 mm Ag/AgCl-Oberflächenelektroden (Elektrodengel: 0,5% NaCl) an der Thenar- und Hypothenar-Eminenz der nicht-dominanten Hand der Probanden angebracht (siehe Abbildung 8). Das Signal wurde mit 250 Hz und einer konstanten Spannung von 0,5 V, unter Verwendung eines V-Amp-Verstärkers (Brain Products Inc., München, Deutschland) und der Aufnahmesoftware (Brain Vision Recorder, Brain Products Inc.), aufgezeichnet. Die Daten wurden anschließend Baseline-korrigiert und ausgewertet.

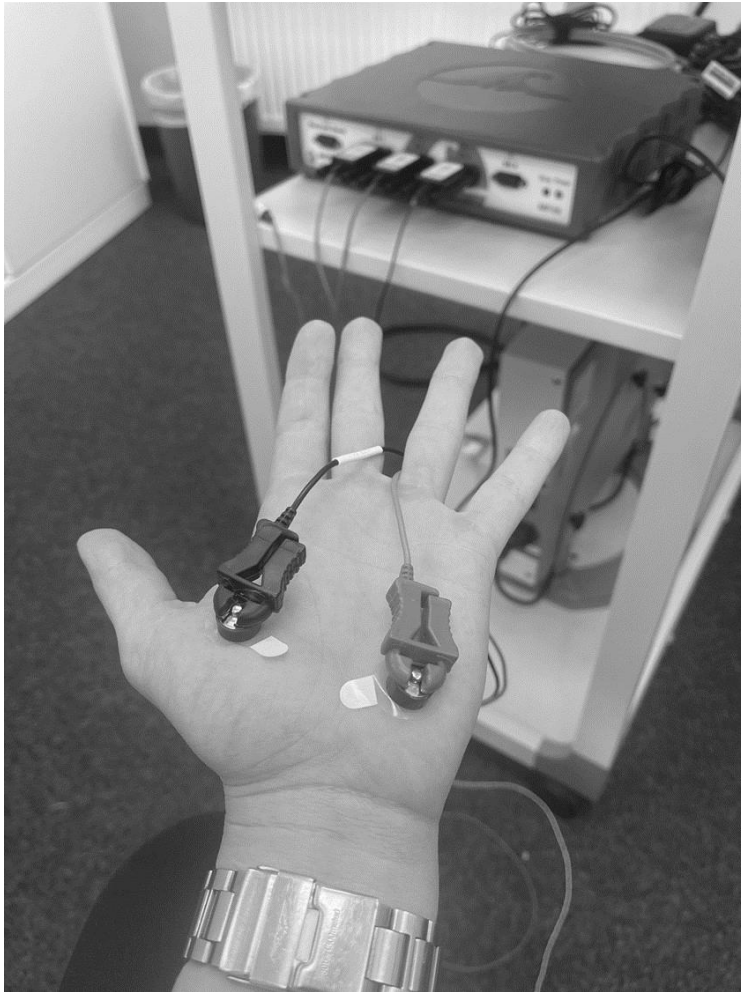


Abbildung 8: Angelegte EDA-Elektroden an der Hand

Im folgenden Abschnitt wird nun ein Überblick über einzelnen durchgeführten Studien gegeben.

5 Studienzusammenfassung

5.1 Studienzusammenfassung 1

Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2023). How gender affects the decoding of facial expressions of pain. *Scandinavian Journal of Pain*, 23(2), 372-381.

5.1.1 Theoretischer Hintergrund:

Das Erkennen von Schmerzmimiken spielt eine wichtige Rolle in sozialen Interaktionen und im klinischen Kontext. Die bisherige Forschung zeigt, dass mimische Schmerzausdrücke von Mimiken anderer Affektzustände, wie Angst und Ärger, unterschieden werden können (Kunz & Lautenbacher, 2014; Reicherts et al., 2012; Simon et al., 2008). Ein bedeutender Faktor, der hierbei intensiv erforscht wurde, ist das Geschlecht. Studien haben festgestellt, dass weibliche Beobachter oft eine bessere Leistung bei der Dekodierung von mimischen Schmerzausdrücken erbringen (Abbruzzese et al., 2019; Hampson et al., 2006; Kret & De Gelder, 2012; Plant et al., 2004; Wingenbach et al., 2018). Gleichzeitig spielt auch das Geschlecht des Enkodierers (also der Person, deren Mimik betrachtet wird), eine Rolle, da weibliche Mimiken oft schneller erkannt und als intensiver bewertet werden (Cellerino et al., 2004; Hess et al., 2009; Kaul et al., 2011; Riva et al., 2011; Wells et al., 2016). Allerdings sind die Forschungsergebnisse zu Geschlechtseffekten bei der Dekodierung von mimischen Schmerzausdrücken uneinheitlich.

Vor diesem theoretischen Hintergrund führten wir eine Studie durch, um die Geschlechtseffekte auf die Dekodierung von mimischen Schmerzausdrücken genauer zu untersuchen. Dabei berücksichtigten wir sowohl das Geschlecht der Dekodierer als auch das Geschlecht der Person, deren Mimik betrachtet wurde (Enkodierer). Zudem differenzierten wir, zwischen zwei Aspekten der Dekodierung: (I) die Fähigkeit, mimische Schmerzausdrücke von anderen affektiven Mimiken zu unterscheiden (Schmerzerkennung), und (II) die Bewertung der Intensität der Mimiken. Echte Mimik ist schwerer zu kontrollieren und beeinflusst die Dekodierung, insbesondere im Hinblick auf Geschlechtseffekte. Daher verwendeten wir in dieser Studie kontrollierbare computergenerierte Avatare aus einer vorherigen Untersuchung, die authentische, mimische Schmerzausdrücke präsentierten (Meister et al., 2021). Diese mimischen Schmerzausdrücke wurden den Probanden zusammen mit Mimiken von Ärger und Ekel präsentiert. Diese werden häufig mit mimischen Schmerzausdrücken verwechselt und weisen ähnliche affektive Eigenschaften wie mimische

Schmerzausdrücke auf (z. B. ähnliche Valenz und Arousal) (Kappesser & de Williams, 2002; Kunz et al., 2013; Missana et al., 2014; Simon et al., 2008; Simon et al., 2006).

Zusammengefasst war es unser Ziel, die Auswirkungen des Geschlechts (sowohl Dekodierer und Enkodierer) auf die Dekodierung von mimischen Schmerzausdrücken zu untersuchen. Wir verwendeten computergenerierte mimische Schmerzausdrücke sowie Mimiken von Freude, Ärger und Ekel als Distraktoren, um diese Aspekte genauer zu analysieren. Ein weiteres Ziel der Studie 1 war es, das Stimulusmaterial, welches wir in Studie 2 und 3 verwenden wollten, zu validieren.

5.1.2 Methode

Die Studie wurde online mithilfe von Soscisurvey durchgeführt. Die Probanden waren aufgefordert die Mimiken männlicher und weiblicher Avatare (Videoclips) zu bewerten.

In Studienteil 1 nahmen 119 (66 weiblich, Altersmedian: 20–24 Jahre) Probanden teil. Dieser Teil umfasste die Präsentation von Videoclips mit Mimiken von Schmerz und anderen affektiven Mimiken (Ärger, Ekel, Trauer, Freude, Überraschung und Angst) dargestellt von 2 Avataren (1 männlichen & 1 weiblichen) in zufälliger Reihenfolge. Die Probanden sollten Valenz und Arousal Bewertungen nach jedem Videoclip abgeben.

In Studienteil 2 nahmen 263 Probanden (164 weiblich, Altersmedian: 20–24 Jahre) teil. Die Studie verwendete dieselben Videoclips wie Studie 1, jedoch sollten die Probanden diesmal bewerten welche Affektzustände (Schmerz, Ekel, Freude, Trauer) mit welcher Intensität wahrgenommen wurden. Geschlechtsunterschiede in den Dekodierleistungen wurde in beiden Studienteilen mithilfe von Varianzanalysen analysiert. Hierbei ging das Geschlecht der Probanden (Geschlecht Dekodierer) als Zwischensubjektfaktor ein und das Geschlecht der Avatare (Geschlecht Enkodierer) als Messwiederholungsfaktor.

5.1.3 Ergebnisse

In Studienteil 1 wurde festgestellt, dass weibliche Mimiken, insbesondere mimische Schmerzausdrücke, von den Teilnehmern als negativer (Valenz) und „more arousing“ bewertet wurden als männliche Ausdrücke. Es gab jedoch keinen signifikanten Einfluss des Geschlechts der Dekodierer auf diese Bewertungen, und es wurde keine signifikante Interaktion zwischen dem Geschlecht der Enkodierer und Dekodierer gefunden. In Studienteil 2 wurde erneut festgestellt, dass weibliche Schmerzmimiken als schmerzhafter bewertet wurden als männliche Schmerzmimiken. Es gab jedoch keinen Einfluss des Geschlechts der beobachtenden Person (Dekodierer) auf diese Bewertungen, und die Interaktion zwischen den Geschlechtern hatte keine signifikante Auswirkung.

In Bezug auf die Schmerzerkennungsleistung zeigten alle ROC-Kurven, dass Mimiken von Schmerz oberhalb des Zufallsniveaus von Mimiken von Ärger und Ekel unterschieden wurden. Dennoch war die Fähigkeit, mimische Schmerzausdrücke von anderen affektiven Mimiken zu unterscheiden, insgesamt begrenzt und wurde weder vom Geschlecht der Enkodierer noch vom Geschlecht der Dekodierer signifikant beeinflusst.

5.1.4 Diskussion

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss des Geschlechts auf die Dekodierung von mimischen Schmerzausdrücken zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigten, dass das Geschlecht der Enkodierer Einfluss auf die Dekodierung von mimischen Schmerzausdrücken hatte, wobei weibliche Mimiken als intensiver, „more arousing“ und negativer bewertet wurden als männliche Mimiken. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Geschlecht der beobachteten Person die Intensitätsbewertung von mimischen Schmerzausdrücken beeinflusst. Diese Geschlechtereffekte traten für Schmerzmimiken, Ärgermimiken und Ekelmimiken auf, waren aber bei Schmerzmimiken am deutlichsten. Dies steht im Einklang mit der Mehrheit früherer Studien, die ebenfalls gezeigt haben, dass Beobachter die Schmerzintensität in weiblichen Mimiken höher einschätzen als in männlichen Mimiken (Hirsh et al., 2008; Lautenbacher et al., 2013; Meister et al., 2021; Simon et al., 2008; Stutts et al., 2010). Die Gründe für die Tendenz, in weiblicher Mimik mehr Schmerz zu sehen, könnten auf psychosoziale Faktoren (z. B. Geschlechtsstereotype) (Alqudah et al., 2010; Keogh, 2018, 2021; Lautenbacher et al., 2013; Meister et al., 2021; Plant et al., 2004; Samulowitz et al., 2018; Schwartz et al., 1980) basieren, bedürfen aber zur Klärung noch weiterer Forschung. Der Geschlechterunterschied bei den Dekodierern hatte keinen klaren

Effekt. Dies entspricht ebenfalls früheren Studien, die ebenfalls keine klaren Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Beobachtern bei der Dekodierung von mimischen Schmerzausdrücken fanden (Hill & Craig, 2004; Robinson & Wise, 2003). Diese Ergebnisse legen nahe, dass der Geschlechterunterschied bei den Dekodierern vernachlässigbar ist und nur das Geschlecht der Enkodierer offenbar einen signifikanten Einfluss auf die Dekodierung von mimischen Schmerzreaktionen hat. Es wäre interessant zu untersuchen, wie diese Geschlechterunterschiede die Schmerzdiagnose und -behandlung beeinflussen könnten. Die Ergebnisse von Studienteil 1 zeigen zudem, dass der mimische Schmerzausdruck der Avatare von den Probanden korrekt als Schmerzausdruck erkannt wurde und von den anderen Mimikreaktionen unterschieden wird (siehe Ergebnisse der ROC-Kurven). Somit können wir die Avatarmimiken in Studie 2 und 3 als validiertes Stimulusmaterial einsetzen.

5.2 Studienzusammenfassung 2

Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2023). Vicarious facilitation of facial responses to pain. *European Journal of Pain*.

5.2.1 Theoretischer Hintergrund

Es wurde gezeigt, dass die Beobachtung einer anderen Person mit Schmerzen zu einer erhöhten nachfolgenden Schmerzreaktion bei den Beobachtern führt. Diese "Schmerzverstärkung" (vicarious pain facilitation) betrifft verschiedene Schmerzreaktionen, wie in der Einleitung (2.4 *Dekodierung der Schmerzmimik*) dargestellt. Wie bereits erwähnt, fehlen bislang Studien, die untersuchen, ob das Betrachten von Schmerzmimik auch die darauffolgende mimische Schmerzenkodierung beeinflusst.

Ziel dieser Studie war es daher zu untersuchen, ob die vorherige Exposition gegenüber Variationen von mimischen Schmerzausdrücken zu erhöhten Schmerzbewertungen und zu einer "Verstärkung" der Mimikreaktionen auf experimentellen Schmerz führt; und ob diese "Schmerzverstärkung" hauptsächlich mit der Valenz des Priming-Reizes (Schmerz vs. neutraler Ausdruck) verknüpft ist (Hinweis auf Motivational Priming) oder durch seine motorischen Merkmale moduliert wird ("Verstärkung" entsprechender motorischer Gesichtsmuskelreaktionen).

In dieser Studie verwendeten wir dieselben Avatare wie in Studie 1, die die drei Variationen von mimischen Schmerzausdrücken darstellten (Kunz & Lautenbacher, 2014).

5.2.2 Methode

Insgesamt nahmen 64 Probanden teil (34 weiblich; Durchschnittsalter: 22,7 Jahre). Das Experiment dauerte etwa 60 Minuten. Es erfolgte zunächst die Bestimmung der thermischen Schmerzschwelle. Danach wurden schmerzhafte (+3°C über der Schmerzschwelle) und nicht-schmerzhafte (-1°C unter der Schmerzschwelle) thermische Reize appliziert (siehe Kapitel: 2.2 *Experimentelle Schmerztestung*). Kurz vor jedem Reiz wurde den Probanden Videoclips der Avatare präsentiert, die entweder einen neutralen Gesichtsausdruck oder einen mimischen Schmerzausdruck zeigten (siehe Versuchsablauf in Abbildung 5). Die Mimikreaktionen der Probanden auf jeden thermischen Reiz wurden per Videoaufzeichnung erfasst und mithilfe des Facial Action Coding Systems (FACS) analysiert. Die Probanden

bewerteten die Schmerzintensität und -unangenehmheit nach jedem thermischen Reiz auf visuellen Analogskalen (VAS). Es gab insgesamt 48 Reize, die in drei Blöcken präsentiert wurden. Die Daten wurden mithilfe von multivariaten Messwiederholungs-MANOVAs ausgewertet, um zu untersuchen, inwieweit das Betrachten von Schmerzmimiken die nachfolgende mimische Schmerzenkodierung beeinflusst. Neben der mimischen Schmerzreaktion der Probanden wurde auch der Schmerzbericht mittels VAS erfasst. Mithilfe von Regressionsanalysen wurde die Beziehung zwischen diesen beiden Schmerzreaktionen untersucht.

5.2.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass das Betrachten von mimischen Schmerzausdrücken, dazu führt, dass der anschließende experimentelle Schmerzreiz mimisch stärker enkodiert wird. Diese Erhöhung der mimischen Schmerzreaktion entspricht dem „vicarious pain facilitation“, was sich auch bei anderen Schmerzreaktionen gezeigt hat. Nicht nur die mimische Schmerzenkodierung war nach Betrachten von Schmerzmimiken erhöht, sondern auch die subjektive Schmerzbewertung (VAS-Ratings für Intensität und Unangenehmheit) der Probanden. Die Ergebnisse ergaben auch Hinweise auf Motor-Priming, da nach betrachten der Variation 3 der Schmerzmimiken besonders eine Verstärkung der AU4 beim Enkodieren vorkam und AU4 auch am stärksten in Variation 3 der Schmerzmimiken ausgeprägt war. Es kam also zu einer Verstärkung der kongruenten AU. Die Studie ergab auch eine Beziehung zwischen den Veränderungen in den Schmerzmimikreaktionen und den Bewertungen der Schmerzunangenehmheit. Je stärker die Schmerzmimikreaktionen nach dem Betrachten von Schmerzausdrücken anstiegen, desto unangenehmer wurden die schmerzhaften Reize wahrgenommen.

5.2.4 Diskussion

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die vorherige Exposition gegenüber einem mimischen Schmerzausdruck (Dekodierung) die mimische Schmerzenkodierung verstärkt. Dies ist im Einklang mit der Motivational Priming Theorie, nämlich, dass mimische Schmerzausdrücke einen negativen affektiven Zustand induzieren, der die Schmerzmimikreaktion „verstärkt“ (Lang, 1995). Unsere Studie ergänzt bisherige Forschung, die bereits gezeigt hat, dass Priming-Effekte auf verschiedene Schmerzreaktionen auftreten können (Avenanti et al., 2010; Fan & Han, 2008; Han et al., 2008; Khatibi et al., 2014; Kirwilliam & Derbyshire, 2008;

Mailhot et al., 2012; Meagher et al., 2001; Reicherts et al., 2013; Vachon-Préseau et al., 2011; Wieser et al., 2014; Yamada & Decety, 2009). Des Weiteren haben wir verschiedene Variationen von mimischen Schmerzausdrücken verwendet, um herauszufinden, ob motorisches Priming eine Rolle spielt. Die Ergebnisse legen nahe, dass bestimmte motorische Merkmale der mimischen Schmerzausdrücke eine Rolle bei der nachfolgenden „Schmerzverstärkung“ des Mimikverhaltens spielen können, ähnlich wie motorische Priming-Effekte bei anderen Verhaltensweisen (Castiello et al., 2002; Stoykov & Madhavan, 2015). Allerdings ist weitere Forschung erforderlich, um die Unterscheidung zwischen motivierendem und motorischem Priming im Kontext des Mimikverhaltens genauer zu klären. Schließlich konnten wir eine Verbindung zwischen den Veränderungen im Schmerzmimikverhalten und den Veränderungen in den Unangenehmheitsbewertungen für Schmerz feststellen, was auf eine gemeinsame Varianz hinweist. Schwache Verbindungen zwischen subjektiven und mimikbezogenen Reaktionen wurden auch in früheren Studien gefunden (Kunz et al., 2020; Kunz et al., 2004; Kunz, Rainville, & Lautenbacher, 2011; Reicherts et al., 2013). Insgesamt weist unsere Studie deutlich auf eine Interaktion zwischen mimischen Dekodieren und Enkodieren von Schmerz hin: Sehe ich vorher einen mimischen Schmerzausdruck, so reagiere ich mimisch (und subjektiv) auch stärker auf einen Schmerzreiz. Inwieweit diese Interaktion wirklich schmerzspezifisch ist oder ähnliche Effekte auch beim Betrachten anderer negativer Gesichtsausdrücke zu beobachten sind, gilt es in weiteren Studien zu klären.

5.3 Studienzusammenfassung 3

Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2024). Vicarious facilitation of facial responses to pain: Does the expression need to be painful? Eingereicht im European Journal of Pain am 20.03.2024

5.3.1 Theoretischer Hintergrund

Die bisherige Forschung hat gezeigt, dass die Beobachtung von Schmerz in anderen Personen die „vicarious pain facilitation“ in verschiedenen Reaktionssystemen auslöst. Dies könnte auf die Motivational Priming Theory (Lang, 1995) zurückzuführen sein. In unserer vorherigen Studie konnten wir aufzeigen, dass dieses Phänomen auch für Mimikreaktionen auf Schmerz gilt (Göller et al., 2024). Das Betrachten von mimischen Schmerzausdrücken erhöht nachfolgende mimische Schmerzreaktionen der Probanden. Es ist jedoch unklar, wie spezifisch diese „vicarious pain facilitation“ der mimischen Schmerzkodierung ist. Es könnte sein, dass nicht nur schmerzvolle, sondern auch andere negativ valente Mimikreaktionen Schmerzreaktionen beeinflussen. Dies konnten wir in Studie 2 nicht klären. Um diese Limitation aus der vorherigen Studie aufzugreifen und ein besseres Verständnis für die mimische Schmerzkodierung zu erlangen, haben wir Studie 3 durchgeführt. Hierfür wurden Mimiken anderer negativer affektiver Zustände, nämlich Ärger und Trauer, sowie eine positiv valente affektive Mimik, nämlich Freude, und eine neutrale Mimik als Kontrollbedingungen in die Studie aufgenommen. Die Studie verwendet, wie in den Studien zuvor, computergenerierte Avatare. In dieser Studie werden aber neben subjektiven und mimischen Reaktionen auch autonome (Hautleitfähigkeit) Reaktionen erfasst.

5.3.2 Methode

56 Teilnehmer (31 weiblich, Durchschnittsalter: 22,2 Jahre) nahmen an der Studie teil. Das Experiment dauerte etwa 70 Minuten. Es erfolgte zunächst die Bestimmung der thermischen Schmerzschwelle. Danach wurden schmerzhafte (+3°C über der Schmerzschwelle) und nicht-schmerzhafte (-1°C unter der Schmerzschwelle) thermische Reize appliziert (siehe Kapitel: 2.2 Experimentelle Schmerztestung) (genau wie in Studie 2). Kurz vor jedem Reiz wurde den Probanden Videoclips der Avatare präsentiert, die entweder eine Schmerz-, Trauer-, Freude- oder Ärgermimik oder einen neutralen Gesichtsausdruck zeigten (siehe Versuchsablauf in Abbildung 5). Die Mimikreaktionen der Probanden auf jeden thermischen

Reiz wurden per Videoaufzeichnung erfasst und mithilfe des Facial Action Coding Systems (FACS) analysiert. Die Probanden bewerteten die Schmerzintensität und -unangenehmheit nach jedem thermischen Reiz auf visuellen Analogskalen (VAS). Die Hautleitfähigkeit der Probanden wurde während des Experiments gemessen, um die autonome Aktivierung in Bezug auf die Videos und die Hitzereize zu erfassen. Am Ende des Experiments sollten die Probanden noch die Valenz und das Arousal der Mimiken der Avatare bewerten. Es gab insgesamt 60 Reize, die in drei Blöcken präsentiert wurden. Verschiedene statistische Analysen, darunter ANOVAs, und MANOVAs wurden durchgeführt, um den Einfluss von Mimikausdrücken eines Interaktionspartners (Avatars) auf Schmerzwahrnehmung, mimischer Schmerzenkodierung und Hautleitfähigkeit zu untersuchen.

5.3.3 Ergebnisse

Im Gegensatz zu unserer Erwartung führte die vorherige Exposition von negativen Mimiken (Dekodierung) nicht zu einer Steigerung der mimischen Schmerzenkodierung im Vergleich zur Betrachtung von neutralen Mimikausdrücken. Weder das Betrachten von Schmerzmimik noch das Betrachten von Trauermimik führte zu einer erhöhten mimischen Enkodierung der experimentellen Schmerzreize. Nur die vorherige Exposition gegenüber Freudemimik hatte einen stabilen dämpfenden Effekt auf die mimische Schmerzenkodierung. So zeigten die Probanden weniger Schmerzmimik, wenn Sie zuvor einen lächelnden Gesichtsausdruck betrachtet haben. Dieser schmerzdämpfende Effekt, den die vorherige Exposition gegenüber Freudemimik (Dekodierung) auf die mimische Schmerzenkodierung hatte, zeigte sich auch bei der subjektiven Schmerzbewertung und der elektrodermalen Aktivität. In dieser Studie konnten wir keine Hinweise auf Motor-Priming finden.

5.3.4 Diskussion

Die vorliegende Studie hatte das Ziel zu überprüfen, ob die „vicarious pain facilitation“ der mimischen Schmerzenkodierung tatsächlich schmerzspezifisch ist oder auch durch das Betrachten anderer negativ valenter Mimikausdrücke ausgelöst werden kann. Im Gegensatz zu unseren Erwartungen führten weder die vorherige Exposition gegenüber Schmerzmimiken noch gegenüber Trauermimiken zu einer klaren „vicarious pain facilitation“ der mimischen Schmerzreaktion im Vergleich zur vorherigen Exposition gegenüber neutralen Mimiken. Stattdessen führte nur die vorherige Exposition gegenüber Freudemimiken zu

einem schmerzdämpfenden Effekt, mit reduzierter mimischer Schmerzkodierung. Ähnliche schmerzdämpfende Effekte wurden auch für subjektive Reaktionen und Hautleitfähigkeitsreaktionen auf Schmerz beobachtet.

Diese schmerzdämpfende Wirkung durch die positiv valenten Freudemimiken stimmt mit früheren Studien überein (Ibáñez et al., 2011; Kenntner-Mabiala & Pauli, 2005) und ist konsistent mit Langs (1995) Motivational Priming Theory. Nach Darbietung eines positiv valenten Primes gibt es eine abschwächende Wirkung auf eine negativ valente Reaktion, die auf neuronaler (Kenntner-Mabiala & Pauli, 2005; Kornelsen et al., 2019; Orenius et al., 2017), subjektiver (Mini et al., 1995) und autonomer Ebene (Roy et al., 2011) beobachtet wurde.

Wir nehmen an, dass wir in unserer Studie 3 keinen Hinweis auf „vicarious pain facilitation“ finden konnten, da wir vielleicht eine zu hohe Dominanz an negativen Primes verwendet haben, die möglicherweise dazu führte, dass die neutrale Mimik nicht als wirklich neutral wahrgenommen wurde und möglicherweise als negativ affektgeladen interpretiert wurde (Chiesa et al., 2017; Höschel & Irle, 2001; Jellema et al., 2011; Lu et al., 2011). Darüber hinaus nimmt unsere Studie eine Sonderstellung ein, da wir eine vielfältige Palette von Mimiken verwendet haben. Wir verwendeten fünf verschiedene Mimikausdrücke während frühere Studien in der Regel höchstens zwei (Ibáñez et al., 2011; Van Middendorp et al., 2010) oder drei affektive Zustände (Bayet et al., 2014; Khatibi et al., 2023) verglichen haben, wenn es um Mimiken als Primes ging. Der ständige Wechsel von Valenzen könnte ebenfalls ein Faktor sein.

All diese Faktoren könnten der Grund dafür sein, dass wir in Studie 2 deutliche Hinweise darauf gefunden haben, dass die mimische Schmerzkodierung durch das vorherige Betrachten von Schmerzmimik erhöht wird, während wir dies in Studie 3 nicht finden konnten. In Studie 3 finden wir allein, dass die mimische Schmerzkodierung durch das vorherige Betrachten von lächelnden Gesichtern vermindert wird. Die Ergebnisse legen mehrere klinische Implikationen nahe, die Patienten zugutekommen können. So könnten Patienten beim Zahnarzt oder nach einer Operation positiv valente Bilder (z.B. lächelnde Personen) sehen, um die Schmerzen zu reduzieren. Es könnte ebenfalls erwogen werden, Personen nach einer Operation nicht in die Nähe anderer zu bringen, die Schmerzen empfinden (z.B. Mitpatienten oder Patienten im Aufwachraum), sondern stattdessen eine Umgebung mit positiven Bildern oder Personen zu wählen, in denen sich die Patienten von der Operation erholen können.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass eine vorherige Exposition gegenüber positiv valenten Mimiken zu einer verminderten mimischen Schmerzkodierung führt. Im

Gegensatz zu unserer Erwartung fanden wir jedoch keine klaren Hinweise auf eine „vicarious pain facilitation“ der mimischen Schmerzkodierung, möglicherweise aufgrund der großen Anzahl verschiedener Primes, die in der vorliegenden Studie verwendet wurden. Daher könnte ein einfacheres Design erforderlich sein, um die Frage zu beantworten, ob es eine Schmerzspezifität in Bezug auf die „vicarious pain facilitation“ der mimischen Schmerzkodierung gibt.

6 Übergreifende Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Interaktion von mimischer Schmerzdekodierung und -enkodierung zu untersuchen. Hierbei lag unser besonderer Fokus darauf zu erforschen, ob die mimische Schmerzenkodierung im Sinne des „vicarious pain facilitation“ gesteigert ist, wenn man zuvor die Schmerzmimik eines Interaktionspartners betrachtet hat und inwieweit diese „vicarious pain facilitation“ wirklich schmerzspezifisch ist, oder auch durch das Betrachten anderer negativ valenter Mimiken ausgelöst wird.

Zu diesem Zweck wurde in Studie 1 zunächst das Stimulusmaterial (Mimikausdrücke von Avataren) validiert. Mimik tritt oft nicht isoliert auf, sondern wird durch soziale Interaktionen beeinflusst. Das Simulieren dieser Interaktionen im Labor stellt für Forschende eine Herausforderung dar. Um den Einfluss messbar zu machen, haben wir computergenerierte Avatare verwendet, die den Vorteil bieten, dass Aspekte wie Alter, Attraktivität und die Intensität der Mimik modulierbar und kontrollierbar sind. In vorangegangenen Studien wurden hauptsächlich statische oder multistatische Gesichter verwendet, die eine maximale Ausprägung (Apex) von Mimikreaktionen zeigten (Barrett et al., 2019; Calder et al., 2003; Hall & Matsumoto, 2004; Hoffmann et al., 2010) und somit an ökologischer Validität mangeln, da Mimiken in realen Lebensbedingungen oft schwächer ausfallen (Carroll & Russell, 1997). Teilnehmer erkennen verschiedene Mimiken zudem besser, wenn sie dynamisch dargestellt werden (Ambadar et al., 2005; Bassili, 1978; Ekman & Friesen, 1982; Harwood et al., 1999; Hoffmann et al., 2010; Krumhuber et al., 2013; Wehrle et al., 2000; Weyers et al., 2006). Computergenerierte Avatare ermöglichen eben diese dynamische und realistische Darstellung von Mimikreaktionen (Simon et al., 2008). Wir haben die verwendeten mimischen Ausdrücke von Schmerz und Emotionen der Avatare durch Studie 1 validiert. Hier zeigte sich, dass die mimischen Schmerzausdrücke als sehr negativ (Valenz) und „arousing“ (Arousal) wahrgenommen wurden. Ferner hat sich auch gezeigt, dass die mimischen Schmerzausdrücke als solche erkannt wurden und von anderen Mimiken unterschieden werden konnten. Somit haben wir ein Set an Stimulusmaterial entwickelt, das sehr gut kontrollierbar ist, eine hohe Validität aufweist und auch von anderen Mimiken über dem Zufallslevel diskriminiert werden kann, was die Aussagekraft unserer Ergebnisse (insbesondere in Hinsicht auf Studie 2 und 3) unterstreicht.

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit war es, zu untersuchen, ob das Betrachten von Mimiken Einfluss auf die mimische Schmerzenkodierung hat. Diesem Ziel widmeten sich

Studie 2 und 3. Im Sinne des „vicarious pain facilitation“ gingen wir davon aus, dass das Betrachten von Schmerzmimik dazu führt, dass die mimische Schmerzkodierung gesteigert wird. Dies haben wir in Studie 2 auch so gefunden. Hier haben wir den Probanden verschiedene Schmerzmimiken (3 unterschiedliche Variationen der Schmerzmimik) und neutrale Mimiken betrachten lassen, bevor wir experimentelle Schmerzreize appliziert haben. Dabei führte das vorherige Betrachten von Schmerzmimiken dazu, dass der Schmerz mimisch stärker enkodiert wurde. Diese Effekte konnten wir in Studie 3 leider nicht finden. In dieser Studie haben wir allerdings nicht nur neutrale Mimiken und Schmerzmimiken als Stimuli dargeboten, sondern auch Mimiken von Freude, Ärger und Trauer. Allein die Freudemimiken führten dazu, dass sich die mimische Schmerzkodierung änderte, nämlich dass die Probanden den Schmerz weniger mimisch enkodierten, wenn sie zuvor Freudemimiken betrachtet haben.

6.1 Erklärungsmodell Motivational Priming

Die Befunde aus Studie 2 und 3 sind beide mit der „Motivational Priming Theory“ zu erklären. Diese besagt, dass Emotionen und Motive automatisch und unbewusst durch externe Reize (Primes) aktiviert werden können, was das Verhalten beeinflusst. So aktiviert z.B. das Beobachten eines negativ valenten Reizes (z.B. das Beobachten eines mimischen Schmerzausdrucks) das aversive System, was die Empfindlichkeit gegenüber einem nachfolgenden kongruenten negativen valenten Reiz erhöht (z. B. verstärkte Reaktionen auf experimentellen Schmerz) (Lang, 1995). Genauso ist es aber möglich, dass das Betrachten eines positiv valenten Reizes (z.B. das Beobachten einer Freudemimik) das appetitive System aktiviert, was der Empfindlichkeit gegenüber einem nachfolgenden inkongruenten negativen Reiz entgegenwirkt, und diesen dämpft (z.B. gedämpfte Reaktion auf experimentellen Schmerz) (Lang, 1995) (siehe auch 2.6.1 Motivational Priming). Es hat sich für Langs „Motivationale Priming Theory“ also gezeigt, dass die Valenz eines Primes eine Rolle für die Verarbeitung des nachfolgenden Reizes zu spielen scheint. Dies hat sich auch in Bezug auf Schmerz bei negativ und positiv valenten Primes in früheren Studien gezeigt. Negativ valente Bilder z.B. von schmerzhaften Ereignissen bzw. mimische Schmerzausdrücke haben die subjektive und autonome Schmerzreaktion verstärkt (Fan & Han, 2008; Han et al., 2008; Ibáñez et al., 2011; Reicherts et al., 2013; Wieser et al., 2014; Yamada & Decety, 2009). Durch das Betrachten von Stimulusmaterial mit positiver Valenz (Bilder von positiven Ereignissen bzw. positiv valente Mimikausdrücke) wurde die subjektive und autonome Schmerzreaktion hingegen gehemmt (Kenntner-Mabiala & Pauli, 2005;

Kornelsen et al., 2019; Matamala-Gomez et al., 2022; Mini et al., 1995; Orenius et al., 2017; Reicherts et al., 2013; Roy et al., 2011; Wieser et al., 2014). Diese vorherigen Studienergebnisse haben uns zu der Annahme geführt, dass auch die mimische Schmerzkodierung durch positiv valente Primes hemmbar und durch negativ valente Primes steigerbar ist. Diese Annahme griffen wir dann mit unseren Studien (Studie 2 und 3) auf. Dies führte uns dazu, dass wir den kongruenten Schmerzkanal der Schmerzmimik (Dekodierung), nämlich den mimischen Schmerzausdrucks (Enkodierung) untersuchten, was eine neue Vorgehensweise darstellte.

Obwohl die Ergebnisse aus Studie 2 und 3 hinsichtlich Schmerz nicht übereinstimmend sind, stimmen sie doch gerade mit der „Motivational Priming Theory“ überein. Wie oben aufgeführt erstreckt sich die „Motivational Priming Theory“ nämlich von positiv valenten Effekten bis hin zu negativ valenten Effekten und vereint so die Ergebnisse aus Studie 2 und 3, in der negativ valente sowie positiv valente Primes verwendet wurden und zu einer verstärkten mimischen Schmerzkodierung sowie einer gehemmten mimischen Schmerzkodierung führten. Neben der Valenz der Primes könnte aber auch noch der Affekt der Primes wichtig für den Einfluss auf die Schmerzkodierung sein. Der Affekt bezieht sich hierbei auf die Mimik der Primes, die die Affektzustände Schmerz, Freude, Trauer und Neutral widerspiegeln sollten. Es wäre denkbar, dass unterschiedliche Affektzustände der Mimik (z.B. Schmerz vs. Freude) unterschiedlich starke Einflüsse auf die Schmerzkodierung und -verarbeitung haben. So wäre es möglich, dass das vorherige Betrachten einer Schmerzmimik stärkere Einflüsse auf die mimische Schmerzkodierung und -verarbeitung hat als z.B. das Betrachten einer Trauer- oder Ärgermimik, obwohl die Valenzen aller drei Mimiken negativ sind. In Studie 2 und 3 wollten wir daher auch untersuchen, ob es durch das vorherige Betrachten verschiedener Affektmimiken (Schmerz, Trauer, Freude Neutral) zu einer Veränderung der Schmerzkodierung und -verarbeitung kommt und, ob diese Veränderung eher durch die Valenz des Primes (positiv vs. negativ) bedingt ist, was mit der Motivational Priming Theory von Lang einher gehen würde, oder ob es eher durch den Affekt des Primes (z.B. Schmerz vs. Freude) bedingt ist.

Die Ergebnisse, insbesondere von Studie 3, sprachen eher für eine Valenzspezifität der Primingprozesse bei mimischen Schmerzausdrücken. Des Weiteren zeigte sich hier auch, dass positiv valente Primes die mimischen Schmerzausdrücke, sowie die subjektive und autonome Schmerzreaktion der Probanden dämpfen (verringern). Es gab keine Hinweise auf affektspezifische Einflüsse der Primes. Es scheint, dass die Mimiken von Interaktionspartnern im Zusammenhang mit Schmerzen des Probanden eher valenzspezifisch verarbeitet werden. Dies hat sich bereits bei einigen Studien gezeigt, in

denen mimische Schmerzausdrücke als affektive visuelle Reize (Primes) verwendet wurden (Botvinick et al., 2005; Chiesa et al., 2015; Yamada & Decety, 2009).

Des Weiteren zeigt sich dieses valenzspezifische Priming bei allen von uns untersuchten „Response-Channels“ (subjektiv, mimisch, autonom) des Schmerzes bei Probanden, was einerseits diese Hypothese unterstreicht und andererseits auch dafürspricht, dass es für Schmerz bestimmte Kanäle und Schnittstellen gibt, die allgemeingültig angesprochen werden und zur Schmerzverarbeitung aber auch zum mimischen Schmerzausdruck beitragen. Dies soll im folgenden Kapitel (6.4 Neuroanatomie) genauer ausgeführt werden. Ferner könnte es auch sein, dass in uneindeutigen Situationen (z.B. häufiger Wechsel von Affektmimiken) und in Bezug auf körperliche Schmerzen zunächst die Valenz für eine Beurteilung der Situation berücksichtigt wird, um die Bedrohungslage möglichst schnell einzuschätzen und erst in eindeutigeren Situationen der Affekt eines Interaktionspartners genauer verarbeitet wird. Für eine eindeutige Aussage hierzu bedarf es aber noch weiterer Forschung.

6.2 Erklärungsmodell Motor Priming

In Studie 2 fanden wir auch noch Hinweise auf „Motor Priming“. Motor Priming beschreibt dabei, dass Personen entsprechend der gesehenen Mimikreaktion eines Interaktionspartners auch selbst stärker mit der entsprechenden kongruenten fazialen Muskelgruppe reagiert haben. Dies bedeutet, dass wenn Personen z.B. ein Lächeln (AU12) in einer sozialen Situation sehen, sie entsprechend auch stärker mit einem Lächeln (verstärktes Auftreten der AU12 in Intensität und Häufigkeit) in der gleichen sozialen Situation reagieren. In Studie 2 haben sich besonders für AU4 Hinweise auf „Motor Priming“ ergeben, da diese Action Unit nach Betrachtung auch vermehrt durch die Probanden enkodiert wurde, was bedeutet, dass die AU4, nachdem diese bei einem Interaktionspartner gesehen wurde, ebenfalls vermehrt in Häufigkeit und stärkerer Intensität von den Probanden enkodiert wurde. Dieser Effekt zeigte sich aber nur bei schmerzhafter Stimulation. Bei nicht schmerzhafter Stimulation ergaben sich keine Hinweise auf Motor-Priming. Somit kann ein reiner Nachahmungseffekt der Action Units (Mimikry) ausgeschlossen werden, da sich dieser sonst auch bei nicht-schmerzhaften Reizen hätte zeigen müssen. In Studie 2 kann es aber zu Überlappungseffekten gekommen sein, da AU4 in 2 von 3 Variationen der Schmerzmimik vorkam. Daher wollten wir die Hinweise auf Motor Priming in Studie 3 genauer untersuchen und haben unser Stimulusmaterial auch dementsprechend angepasst. Deswegen verwendeten wir in dieser Studie Mimiken (Ärger, Trauer, Freude), die ebenfalls immer eine Action Unit-spezifische

Überlappung mit der Schmerzmimik hatten, z.B. Freudemimik, bei der die AU 6_7 vorkam, die auch bei der Schmerzmimik verwendet wurde. In Studie 3 konnten wir keine Hinweise auf „Motor Priming“ finden. Dies könnte bei Studie 3, an der hohen Anzahl und dem ständigen Wechsel der verschiedenen Affektmimiken gelegen haben. Andererseits könnte es auch sein, dass das Motor Priming eine untergeordnete Rolle spielt und nur vorkommt, wenn eindeutige (soziale) Situationen vorliegen. Sodass, bei uneindeutigen bzw. bei einem schnellen Wechsel von (sozialen) unklaren Situationen (aufgrund häufig wechselnder Affektmimiken) eher die Motivational Priming Theory von Bedeutung ist und die Primes eher valenzspezifisch und schnell verarbeitet werden. Falls die Situation aber eindeutig ist, könnte es sein, dass die Valenz zwar auch eine Rolle spielt, dass hier aber genug Zeit und kognitive Ressourcen vorhanden sind, um sich auf einzelne Action Units zu konzentrieren und es so zu Motor Priming kommen kann.

6.3 Zusammenfassung der Erklärungsmodelle zu Priming

Zusammenfassend konnte aufgezeigt werden, dass die mimische Schmerzenkodierung deutlich dadurch beeinflusst wird, was für eine Mimik (-valenz) vor einer Schmerzinduktion gesehen wird. Es haben sich in Studie 2 und Studie 3 klare Hinweise auf die Interaktion von Dekodierung und Enkodierung in der mimischen Schmerzkommunikation ergeben, die in das erweiterte A-B-C Modell eingebettet werden und in Abbildung 9 dargestellt sind. In Übereinstimmung mit der „Motivational Priming Theory“ zeigte sich in Studie 2 eine gesteigerte mimische Schmerzenkodierung und in Studie 3 eine verminderte mimische Schmerzenkodierung.

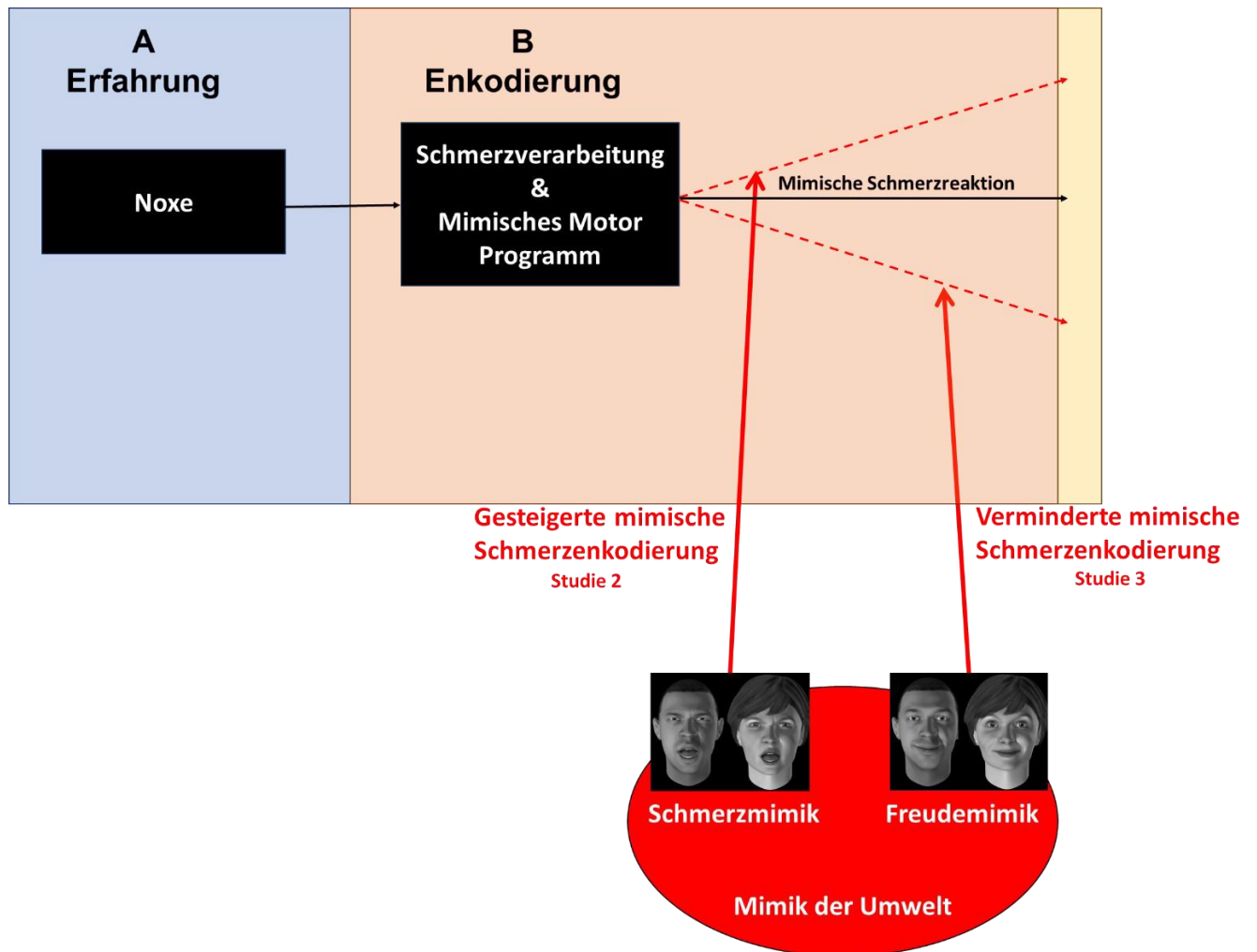


Abbildung 9: Vereinfachte Darstellung der Ergebnisse der Studien 2&3 in Bezug auf das A-B-C Modell

6.4 Erklärungsmodell Neuroanatomie

Es gibt viele Gehirnregionen, die an der Schmerzverarbeitung und Schmerzantwort beteiligt sind. Diese sind durch kulturelle, soziale und emotionale Aspekte beeinflusst und die Verbindungen und Vernetzungen sind bis heute noch nicht abschließend geklärt (Frettlöh et al., 2011). Zum besseren Verständnis soll mit dieser Arbeit der Fokus vor allem auf die neuronalen Grundlagen der mimischen Schmerzenkodierung und mimischen Schmerzdekodierung gelegt werden, da diese in Studie 2 und 3 im Vordergrund standen.

Ich möchte hier erstmal mit den neuronalen korrelaten der mimischen Schmerzenkodierung beginnen. Hierzu gibt es bislang nur sehr wenige Studien (Kunz et al., 2023; Kunz, Chen, et al., 2011; Kunz et al., 2020). In diesen Studien hat sich jedoch gezeigt, dass die mimische Schmerzenkodierung vor allem mit der Aktivierung in Gehirnarealen einhergeht, die als sogenannte „Schmerzmatrix“ (Duerden & Albanese, 2013) bekannt sind und neben somatosensorischen Arealen (S1), Insula und cingulären Kortex einschließen. Je stärker die mimische Schmerzenkodierung, desto stärker zeigte sich die Aktivierung in diesen schmerzrelevanten Arealen (Kunz, Chen, et al., 2011). Interessanterweise spielen neben den schmerzassoziierten Arealen noch die frontostriatale Aktivität eine entscheidende Rolle. So fanden Kunz et al., dass diese frontostriatalen Areale wichtig für die Herunterregulation der Mimik zu sein scheinen (Kunz, Chen, et al., 2011). Je stärker die mimische Schmerzenkodierung war, desto geringer war die Aktivität vor allem in frontalen Arealen (Kunz et al., 2023; Kunz, Chen, et al., 2011; Kunz et al., 2020). Dadurch wird davon ausgegangen, dass die Präfrontalen Gehirnareale als Art Tor dienen und eine „Torwächter-Funktion“ erfüllen, die reguliert, inwieweit affektive Zustände mimisch enkodiert werden (Kunz et al., 2023).

Wenn nun die mimische Schmerzenkodierung mit einer erhöhten Aktivierung in schmerzrelevanten Arealen und einer verminderten Aktivierung in präfrontalen Arealen einhergeht, stellt sich die Frage, inwieweit das Betrachten von (Schmerz-) Mimiken (Dekodierung) diese neuronalen Prozesse beeinflusst. Um diese Frage beantworten zu können, soll im nächsten Abschnitt vor allem auf die neuronalen Grundlagen der mimischen Schmerzdekodierung eingegangen werden.

Hierbei ist zunächst das „perception-action model“ (Preston & De Waal, 2002) zu erwähnen, dass sich auf neuronale Korrelate der mimischen Dekodierung bezieht. Dieses Modell postuliert, dass der affektive Zustand eines beobachteten Interaktionspartners in einem ähnlichen Netzwerk oder Bereich im Gehirn verarbeitet wird, in dem auch die selbst erlebten Affektzustände verarbeitet werden. Es wird angenommen, dass diese neuronalen Überlappungen dazu beitragen, dass die beobachtende Person den Interaktionspartner effizienter verstehen und eine angemessene Reaktion vorbereiten kann. Die Entdeckung von Spiegelneuronen (Iacoboni et al., 1999), stützt diese Hypothese. Preston (Preston, 2007) erweiterte das Modell durch die Beobachtung gemeinsamer Repräsentationen von erlebten und beobachteten Emotionen im Gehirn. Studien von Budell et al. (Budell et al., 2010) und Jauniaux et al. (Jauniaux et al., 2019) zeigen, dass die Beobachtung von Schmerz mit einer Aktivierung in Hirnregionen wie der anterioren Insula und dem anterioren cingulären Cortex (ACC) verbunden sind. Interessanterweise sind Insula und ACC nicht nur an der eigenen Schmerzwahrnehmung beteiligt (Duerden & Albanese, 2013) sondern auch ganz spezifisch an der mimischen Schmerzkodierung (Kunz, Chen, et al., 2011). Die Aktivierung von Bereichen wie dem inferioren parietalen Lappen (IPL) und dem inferioren frontalen Gyrus (IFG), die Teile des "menschlichen Spiegelneuronensystems" sind, unterstützt das Modell in Bezug auf die Rolle einer sensorisch-motorischen Resonanz bei der Schmerzfaszilitation auf Schmerzmimik (Budell et al., 2015).

Basierend auf diesen Befunden, lassen sich unsere Ergebnisse zur gesteigerten mimischen Schmerzkodierung nach Betrachten von Schmerzmimiken (Dekodierung) (siehe Studie 2) einerseits damit in Einklang bringen, dass die Aktivität in schmerzrelevanten Arealen (z.B. ACC & Insula) durch das Betrachten von Schmerzmimiken/ negativer Valenz erhöht ist und es so zu einer stärkeren Schmerzverarbeitung kommt. Es könnte zweitens aber auch durch die Aktivierung der entsprechenden Spiegelneurone, ausgelöst durch die mimische Schmerzdekodierung, dazu kommen, dass motorische Areale (inklusive striataler Areale) voraktiviert sind und es somit zu einer stärkeren mimischen Schmerzreaktion (Enkodierung) kommt.

Bei positiv valenten Hinweisreizen, die in der vorliegenden Studie (Studie 3) eher einen dämpfenden Effekt auf die mimische Schmerzkodierung hatten, fanden frühere Studien, dass diese positiven Hinweisreize dazu führten, dass es ebenfalls zu einer Aktivität im ACC und in der Insula bei Schmerzstimulation kam (Orenius et al., 2017; Yoshino et al., 2010). Somit könnte der dämpfende Effekt in Studie 3 neuronal darauf zurückzuführen sein, dass bei der mimischen Enkodierung die Aktivität in schmerzrelevanten Arealen vermindert ist, es also zu einem konträren Effekt im Vergleich zur gesteigerten mimischen Schmerzkodierung kommt.

Um die Ergebnisse von Studie 2 und 3 zu vereinen, scheint die Modulation der mimischen Schmerzenkodierung – also die Zu- und Abnahme dieser durch vorheriges Betrachten von negativ valenter bzw. positiv valenter Mimik - insbesondere durch Aktivitätsveränderung von Insula und ACC vermittelt zu sein. Interessanterweise ist die Insula ebenfalls bei der Entscheidung über eine Bedrohungs-/Gefahrensituation aktiviert (Khatibi et al., 2023), weswegen sie zumindest zum Teil an Entscheidungssituationen beteiligt sein muss. Da diese bestimmten Gehirnregionen (Insula, ACC, Spiegelneurone) sowohl bei dem aversiven (also bei der Verstärkung der mimischen Schmerzenkodierung) als auch bei dem appetitiven System (also bei der Hemmung der mimischen Schmerzenkodierung) aktiv sind, könnte dies auch dafür sprechen, dass hier eine Verarbeitung (der Dekodierung) stattfindet, die entscheidet, welches System aktiviert wird (Entscheidungsfunktion). Diese Verarbeitung müsste dann sehr schnell sein, weswegen vielleicht nicht genau zwischen verschiedenen affektiven Mimiken unterschieden werden kann und es deswegen eher zu einer basaleren, vermutlich schnelleren, Unterscheidung zwischen der Valenzspezifität der Mimiken kommt. Dies könnte dann eben gerade in (sozialen) Situationen, die sehr komplex sind und eine schnelle Verarbeitung erfordern (um z.B. vor Gefahr oder drohendem Schmerz zu warnen/zu schützen) der Fall sein. Diese Entscheidung könnte dann noch vor den Bereichen des Frontalen Cortexes und des (Fronto-) Striatums stattfinden und somit die Kontrolle der mimischen Enkodierung beeinflussen. Dies würde bei Schmerzreizen auch Sinn ergeben, da es hierbei gilt möglichst schnell vor Schmerz zu schützen und so, ähnlich wie bei Angst/Schreck, zunächst eine schnelle „low road“-Verarbeitung stattfinden könnte, die sich dann auf rudimentäre Eckpunkte der Situation (Valenz) bezieht.

6.5 Ökologische Validität in Studie 2 & 3

Auch wenn ich in den vorangegangenen Abschnitten versucht habe die Ergebnisse aus Studie 2 und 3 gemeinsam zu diskutieren, möchte ich nun auf mögliche Gründe für die zum Teil unterschiedlichen Ergebnisse eingehen. In Studie 3 zeigte sich, entgegen unserer Erwartungen, keine deutlichen Steigerungen der mimischen Schmerzenkodierung bei Betrachtung von Schmerzmimiken und auch eine generelle Abgrenzung von negativen Affektmimiken zu neutralen Mimiken konnte nicht allgemeingültig gefunden werden. Des Weiteren konnte auch kein spezieller Einfluss der schmerzrelevanten AUs gefunden werden. Es gab also deutliche Unterschiede in den Ergebnissen von Studie 2 und 3. Ein Grund hierfür könnte sein, dass der Wechsel der unterschiedlichen Affekte in Studie 3 (Dekodierung) zu schnell war. Hier konnte es passieren, dass den Probanden auf eine

freudige Affektmimik, schnell eine traurige Affektmimik oder eine neutrale Mimik gezeigt wurde, was eine soziale Interaktion weniger realitätsnah wiedergibt, da hier ein derartig schneller und häufiger Affektwechsel beim Interaktionspartner eher nicht vorkommt. In Studie 2 war dieser Affektwechsel nicht so häufig und auch nicht so schnell, da es mehrere mimische Schmerzausdrücke gab (auch wenn diese in verschiedener Variation vorlagen), was eine soziale Interaktion dann realitätsnäher abbildet. Daher schränkt der schnelle Wechsel der Affekte in Studie 3 die ökologische Validität ein, jedoch zeigt es auch, dass bei einem derart schnellen Wechsel, die Affekte im Gehirn nicht mehr affektspezifisch verarbeitet werden, sondern es eher zu einer valenzspezifischeren Verarbeitung der Mimiken kommt, also eine basalere, auf weniger Informationen zurückgreifende, aber auch schnellere Verarbeitungsstrategie angewandt wird. Dies erscheint sinnvoll, da es vor allem im Schmerzkontext wichtig ist, schnell an soziale Informationen zu kommen. Diese können die Dauer und Intensität des Schmerzes beeinflussen (Botvinick et al., 2005; Smith & Rossit, 2018). Deswegen ist es wichtig, schnell zu erkennen, ob ein Interaktionspartner positiv oder negativ gesonnen ist. Dies ist mit einer entsprechenden Valenzverarbeitung im Gehirn sehr schnell möglich.

6.6 Klinische Implikationen

Schmerz kommt nicht nur in einem experimentellen Setting vor, sondern auch im Alltag und vor allem im klinischen Bereich. Die gewonnenen Erkenntnisse haben implikative Bedeutungen für diese Anwendungsbereiche. Es lässt sich zunächst zusammenfassen, dass eine positive Valenz eines Interaktionspartners oder einer Situation schmerzdämpfend oder schmerzreduzierend wirkt, während eine negative Valenz eher schmerzverstärkend auf eine Person wirkt. Dies impliziert die Notwendigkeit, in schmerzhaften Situationen eine negative emotionale Bewertung zu verhindern. Dies erstreckt sich von alltäglichen Situationen bis hin zu postoperativen Handlungsanweisungen. So kann die Reaktion der Eltern auf die Verletzung eines kleinen Kindes die Schmerzreaktion verstärken, wenn sie z.B. eine ärgerliche Mimik zeigen, weswegen darauf verzichtet werden sollte. Ebenso kann bei leichteren Verletzungen wie einem aufgeschlagenen Knie, von den Eltern möglicherweise auf eine besorgte Mimik verzichtet werden, um die Schmerzantwort ihrer Kinder zu minimieren (Vervoort, Caes, Crombez, et al., 2011; Vervoort, Caes, Trost, et al., 2011; Vervoort et al., 2008). Ferner könnten z.B. auch in zahnärztlichen oder postoperativen Umgebungen positiv valente Bilder (z. B. lächelnden Personen) aufgehängt werden, um möglicherweise die wahrgenommene Schmerzintensität von Patienten zu reduzieren. Des

Weiteren wäre es ratsam, frisch operierte Patienten nicht mit anderen frisch operierten Personen in einen Raum zu platzieren, da sich ihre Schmerzreaktionen gegenseitig verstärken könnten. Stattdessen könnte es vorteilhafter sein, sie mit Personen zu platzieren, die möglicherweise an diesem Tag entlassen werden und daher in einer positiven Stimmung sind, was die individuelle Schmerzantwort dämpfen könnte. Dieser Aspekt ist auch in Selbsthilfegruppen für chronische Schmerzen von Bedeutung. Hier sollte die allgemeine Stimmung und der Affekt der einzelnen Gruppenmitglieder regelmäßig überwacht werden, da ein genereller negativer Affekt zu einer Steigerung der Schmerzempfindung bei den Teilnehmern beitragen könnte. Daher ist es wichtig, den allgemeinen Affekt der Gruppe durch Interventionen wie Lachyoga, Dankbarkeitsübungen, Achtsamkeit oder die Förderung positiver Beziehungen zu beeinflussen (Carmo et al., 2022; Cunha et al., 2019; Frick et al., 2020; Tan & Martin, 2015; Walter & Bruch, 2008; Weinberg et al., 2013). Dieser Zusammenhang spielt auch im familiären Kontext von Menschen mit chronischen Schmerzen eine bedeutende Rolle. Hier ist es ebenso wichtig, durch positive Beziehungsgestaltung zu einer generellen positiven emotionalen Bewertung beizutragen. Zusätzlich könnten chronische Schmerzpatienten von positiver Psychologie oder positiver Psychotherapie profitieren. Durch die erlernten Interventionen und Techniken, die zu einer positiven emotionalen Bewertung des Patienten führen, kann eine schmerzlindernde Wirkung erzielt werden (Braunwalder et al., 2022; Flink et al., 2015; Müller et al., 2016; Müller et al., 2022; Thong et al., 2017).

6.7 Limitationen und Ausblick

Trotz der Tatsache, dass mit Hilfe der vorliegenden Arbeit neue Erkenntnisse über den mimischen Schmerzausdruck und die Interaktion von Dekodierung und Enkodierung gewonnen werden konnten, müssen die Implikationen, die daraus gezogen werden können, teilweise limitiert werden. So muss resümiert werden, dass alle zugrunde liegenden Stichproben aus gesunden, jungen, studierenden Menschen bestanden und damit sehr homogen waren. Es ist somit zu überprüfen, ob die gewonnenen Erkenntnisse auf andere Populationen (z.B. chronische Schmerzpatienten) übertragbar sind. Des Weiteren ist zu überprüfen, ob sich die Erkenntnisse auch auf den Alltag übertragen lassen, da sie in einem kontrollierten Setting erhoben wurden.

Zudem wurde in Studie 2 und 3 nur eine Art der Schmerzstimulation (Hitzeschmerz) verwendet. Deswegen ist zu überprüfen, ob sich die gewonnenen Erkenntnisse auch bei anderen Arten der Schmerzstimulation (z.B. Druck- oder Elektroschmerz) replizieren lassen.

Des Weiteren wäre es auch noch interessant, die (soziale) Interaktion die mit dem Stimulusmaterial (z.B. mimischer Schmerzausdruck) erzeugt wird, vielfältiger zu modulieren. Dieser Gedanke bezieht sich nicht nur auf die Dauer und Art des Stimulusmaterials, sondern auch auf Aspekte der Beziehung zum Stimulusmaterial. So könnte es einen Einfluss auf die Verarbeitung des Stimulusmaterials haben, ob ich dem Interaktionspartner, der das Stimulusmaterial darstellt, freundlich gesonnen bin, ob ich diesen attraktiv finde, ob ich negative Gefühle gegenüber dem Interaktionspartner habe oder ob ich ihm neutral gegenüberstehe. Eine derartige Modulation könnte noch tiefergehende Erkenntnisse über die soziale und kommunikative Funktion des Schmerzes bzw. des mimischen Schmerzausdrucks ermöglichen. Dies könnte dabei helfen die Diskrepanz zwischen der mimischen Schmerzdekodierung und -enkodierung besser zu verstehen und eine bessere Einordnung des mimischen Schmerzausdrucks in das soziale Kommunikationsmodell des Schmerzes (Craig, 2015, 2018) zur Folge haben.

6.8 Zukünftige Forschung

Es bleibt anzumerken, dass diese Arbeit nur einen ersten Beitrag zur Entschlüsselung der Interaktion von Dekodierungs- und Enkodierungsprozessen im Rahmen der mimischen Schmerzkommunikation leisten kann. Mein Fokus in dieser Arbeit lag vor allem auf der Schmerz mimik eines Interaktionspartners, es hat sich aber hier gezeigt, dass vor allem die Valenz der Mimik des Interaktionspartners einen Einfluss auf die eigene Schmerz mimikreaktion hat und dass vor allem eine positive Valenz der Mimik des Interaktionspartners eine dämpfende Wirkung auf die eigene mimische Schmerzenkodierung aber auch auf andere Schmerzreaktionen generell hat. In zukünftigen Studien wäre es daher interessant, diesen beobachteten Effekt genauer zu untersuchen. Es wäre auch interessant den Einfluss des mimischen Schmerzausdrucks mehrerer Interaktionspartner auf einen Probanden zu untersuchen. Erkenntnisse aus einer derartigen Studie wären wiederum z.B. interessant für Kliniken, in denen Patienten häufig in Mehrbettzimmern untergebracht werden. Es wäre hierbei auch interessant eine potenzielle kumulative dämpfende Wirkung positiv valenter Mimiken zu erforschen.

6.9 Conclusion

Durch diese Arbeit konnten wir neue Erkenntnisse über die Interaktion von Dekodierung und Enkodierung der mimischen Schmerzkommunikation erlangen. Gerade die Untersuchung des kongruenten Reaktionskanals, nämlich die Schmerzmimikreaktion eines Probanden, stellt ein nahezu neues Forschungsfeld dar. Wir sind zu dem Schluss gekommen, dass sich die Schmerzmimikreaktion (Enkodierung) aber auch die generelle Schmerzreaktion durch das vorherige Betrachten der Schmerzmimik eines Interaktionspartners (Dekodierung) verstärken lässt, wohingegen eine positiv valente Mimik eines Interaktionspartners eher dämpfend/ schmerzhemmend wirkt (siehe Abbildung 9). Dies hat mehrere Ursachen, die in den vorherigen Kapiteln erläutert wurden. Wie bereits in den Limitationen und im Ausblick beschrieben, gehen damit aber auch noch Forschungsfragen einher, die es in den kommenden Forschungsjahren zu beantworten gilt, um so eine valide Aussage über Interaktionen von Dekodierungs- und Enkodierungsprozessen in der der mimischen Schmerzkommunikation treffen zu können und diese und damit einhergehende Erkenntnisse für praktische Implikationen nutzbar zu machen.

7 Literatur

- Abbruzzese, L., Magnani, N., Robertson, I. H., & Mancuso, M. (2019). Age and gender differences in emotion recognition. *Frontiers in psychology, 10*, 2371.
- Alqudah, A. F., Hirsh, A. T., Stutts, L. A., Scipio, C. D., & Robinson, M. E. (2010). SEX AND RACE DIFFERENCES IN RATING OTHERS' PAIN, PAIN-RELATED NEGATIVE MOOD, PAIN COPING, AND RECOMMENDING MEDICAL HELP. *Journal of cyber therapy and rehabilitation, 3*(1), 63.
- Ambadar, Z., Schooler, J. W., & Cohn, J. F. (2005). Deciphering the enigmatic face: The importance of facial dynamics in interpreting subtle facial expressions. *Psychological science, 16*(5), 403-410.
- Avenanti, A., Sirigu, A., & Aglioti, S. M. (2010). Racial bias reduces empathic sensorimotor resonance with other-race pain. *Curr Biol, 20*(11), 1018-1022.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.03.071>
- Barrett, L. F., Adolphs, R., Marsella, S., Martinez, A. M., & Pollak, S. D. (2019). Emotional expressions reconsidered: Challenges to inferring emotion from human facial movements. *Psychological science in the public interest, 20*(1), 1-68.
- Bassili, J. N. (1978). Facial motion in the perception of faces and of emotional expression. *Journal of experimental psychology: human perception and performance, 4*(3), 373.
- Basten-Günther, J., Kunz, M., Peters, M., & Lautenbacher, S. (2021). The effect of optimism on the facial expression of pain: Implications for pain communication. *European Journal of Pain, 25*(4), 817-830.
- Bayet, S., Bushnell, M., & Schweinhardt, P. (2014). Emotional faces alter pain perception. *European Journal of Pain, 18*(5), 712-720.
- Bernhardt, B. C., & Singer, T. (2012). The neural basis of empathy. *Annual review of neuroscience, 35*, 1-23.
- Botvinick, M., Jha, A. P., Bylsma, L. M., Fabian, S. A., Solomon, P. E., & Prkachin, K. M. (2005). Viewing facial expressions of pain engages cortical areas involved in the direct experience of pain. *Neuroimage, 25*(1), 312-319.
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal activity*. Springer Science & Business Media.
- Boucsein, W., & Boucsein, W. (2012). Principles of electrodermal phenomena. *Electrodermal activity, 1-86*.
- 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.
- Braunwalder, C., Müller, R., Glisic, M., & Fekete, C. (2022). Are positive psychology interventions efficacious in chronic pain treatment? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain Medicine, 23*(1), 122-136.
- Breau, L. M., Camfield, C., McGrath, P. J., Rosmus, C., & Finley, G. A. (2001). Measuring pain accurately in children with cognitive impairments: refinement of a caregiver scale. *The Journal of pediatrics, 138*(5), 721-727.
- Budell, L., Jackson, P., & Rainville, P. (2010). Brain responses to facial expressions of pain: emotional or motor mirroring? *Neuroimage, 53*(1), 355-363.
- Budell, L., Kunz, M., Jackson, P. L., & Rainville, P. (2015). Mirroring pain in the brain: emotional expression versus motor imitation. *PLoS one, 10*(2), e0107526.
- Calder, A. J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., & Young, A. W. (2003). Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia, 41*(2), 195-202.
- Carmo, C., Iacob, V., Brás, M., & Fernandes, J. (2022). Effects of a Mindfulness-Based Intervention on Male Portuguese Prisoners. *International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology, 0306624X221106333*.

- Carroll, J. M., & Russell, J. A. (1997). Facial expressions in Hollywood's portrayal of emotion. *Journal of personality and social psychology*, 72(1), 164.
- Castiello, U., Lusher, D., Mari, M., Edwards, M., & Humphreys, G. W. (2002). Observing a human or a robotic hand grasping an object: Differential motor priming effects. *Common mechanisms in perception and action: Attention and performance XIX*, 315-333.
- Cellerino, A., Borghetti, D., & Sartucci, F. (2004). Sex differences in face gender recognition in humans. *Brain research bulletin*, 63(6), 443-449.
- Cheing, G. L., & Hui-Chan, C. W. (2003). Analgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential currents on heat pain in healthy subjects. *Journal of rehabilitation medicine*, 35(1), 15-19.
- Chiesa, P. A., Liuzza, M. T., Acciarino, A., & Aglioti, S. M. (2015). Subliminal perception of others' physical pain and pleasure. *Experimental Brain Research*, 233, 2373-2382.
- Chiesa, P. A., Liuzza, M. T., Macaluso, E., & Aglioti, S. M. (2017). Brain activity induced by implicit processing of others' pain and pleasure. *Human Brain Mapping*, 38(11), 5562-5576.
- Craig, K. D. (2015). Social communication model of pain. *Pain*, 156(7), 1198-1199.
- Craig, K. D. (2018). Toward the social communication model of pain. *Social and interpersonal dynamics in pain: We don't suffer alone*, 23-41.
- Craig, K. D., Versloot, J., Goubert, L., Vervoort, T., & Crombez, G. (2010). Perceiving pain in others: automatic and controlled mechanisms. *The Journal of Pain*, 11(2), 101-108.
- Cunha, L. F., Pellanda, L. C., & Reppold, C. T. (2019). Positive psychology and gratitude interventions: A randomized clinical trial. *Frontiers in psychology*, 10, 584.
- Dawson, M. E., Schell, A. M., & Filion, D. L. (2007). The electrodermal system. *Handbook of psychophysiology*, 2, 200-223.
- Deyo, K. S., Prkachin, K. M., & Mercer, S. R. (2004). Development of sensitivity to facial expression of pain. *Pain*, 107(1-2), 16-21.
- Dueñas, M., Salazar, A., de Sola, H., & Failde, I. (2020). Limitations in activities of daily living in people with chronic pain: Identification of groups using clusters analysis. *Pain practice*, 20(2), 179-187.
- Duerden, E. G., & Albanese, M. C. (2013). Localization of pain-related brain activation: A meta-analysis of neuroimaging data. *Human Brain Mapping*, 34(1), 109-149.
- Ekman, P. (1984). Expression and the nature of emotion. *Approaches to emotion*, 3(19), 344.
- Ekman, P. (1999a). Basic emotions. *Handbook of cognition and emotion*, 98(45-60), 16.
- Ekman, P. (1999b). Facial expressions. *Handbook of cognition and emotion*, 16(301), e320.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). Facial action coding system. *Environmental Psychology & Nonverbal Behavior*.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1982). Felt, false, and miserable smiles. *Journal of Nonverbal Behavior*, 6, 238-252.
- Fan, Y., & Han, S. (2008). Temporal dynamic of neural mechanisms involved in empathy for pain: an event-related brain potential study. *Neuropsychologia*, 46(1), 160-173.
- Flink, I. K., Smeets, E., Bergboma, S., & Peters, M. L. (2015). Happy despite pain: Pilot study of a positive psychology intervention for patients with chronic pain. *Scandinavian Journal of Pain*, 7(1), 71-79.
- Flor, H., Noguchi, K., Treede, R.-D., & Turk, D. C. (2023). The role of evolving concepts and new technologies and approaches in advancing pain research, management, and education since the establishment of the International Association for the Study of Pain. *Pain*, 164(11S), S16-S21.
- Fordyce, W. E. (1976). Behavioral methods for chronic pain and illness. (*No Title*).
- Frettlöh, J., Klinger, R., Kröner-Herwig, B., & Nilges, P. (2011). *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen-Diagnostik-Krankheitsbilder-Behandlung*.
- Frick, A., Thinnies, I., & Stangier, U. (2020). Metta-based group meditation and individual cognitive behavioral therapy (MeCBT) for chronic depression: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 21(1), 1-14.

- Gallacchi, G., & Pilger, B. (2005). *Schmerzkompodium: Schmerzen verstehen und behandeln*. Georg Thieme Verlag.
- Geuter, S., Gamer, M., Onat, S., & Büchel, C. (2014). Parametric trial-by-trial prediction of pain by easily available physiological measures. *PAIN®*, *155*(5), 994-1001.
- Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2023). How gender affects the decoding of facial expressions of pain. *Scandinavian Journal of Pain*, *23*(2), 372-381.
- Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2024). Vicarious facilitation of facial responses to pain. *European Journal of Pain*, *28*(1), 133-143.
- Gosselin, P., Kirouac, G., & Doré, F. Y. (1995). Components and recognition of facial expression in the communication of emotion by actors. *Journal of personality and social psychology*, *68*(1), 83.
- Green, A., Tripp, D., Sullivan, M., & Davidson, M. (2009). The relationship between empathy and estimates of observed pain. *Pain Medicine*, *10*(2), 381-392.
- Grynberg, D., & Maurage, P. (2014). Pain and empathy: the effect of self-oriented feelings on the detection of painful facial expressions. *PloS one*, *9*(7), e100434.
- Hadjistavropoulos, T., & Craig, K. D. (2002). A theoretical framework for understanding self-report and observational measures of pain: a communications model. *Behaviour research and therapy*, *40*(5), 551-570.
- Hadjistavropoulos, T., Craig, K. D., Duck, S., Cano, A., Goubert, L., Jackson, P. L., Mogil, J. S., Rainville, P., Sullivan, M. J., & Williams, A. C. d. C. (2011). A biopsychosocial formulation of pain communication. *Psychological bulletin*, *137*(6), 910.
- Hadjistavropoulos, T., LaChapelle, D. L., MacLeod, F. K., Snider, B., & Craig, K. D. (2000). Measuring movement-exacerbated pain in cognitively impaired frail elders. *The Clinical journal of pain*, *16*(1), 54-63.
- Hale, C. J., & Hadjistavropoulos, T. (1997). Emotional components of pain. *Pain Research and Management*, *2*, 217-225.
- Hall, J. A., & Matsumoto, D. (2004). Gender differences in judgments of multiple emotions from facial expressions. *Emotion*, *4*(2), 201.
- Hampson, E., van Anders, S. M., & Mullin, L. I. (2006). A female advantage in the recognition of emotional facial expressions: Test of an evolutionary hypothesis. *Evolution and human behavior*, *27*(6), 401-416.
- Hampton, A. J., Hadjistavropoulos, T., & Gagnon, M. M. (2018). Contextual influences in decoding pain expressions: effects of patient age, informational priming, and observer characteristics. *Pain*, *159*(11), 2363-2374.
- Han, S., Fan, Y., & Mao, L. (2008). Gender difference in empathy for pain: an electrophysiological investigation. *Brain research*, *1196*, 85-93.
- Handwerker, H., & Kobal, G. (1993). Psychophysiology of experimentally induced pain. *Physiological reviews*, *73*(3), 639-671.
- Harwood, N. K., Hall, L. J., & Shinkfield, A. J. (1999). Recognition of facial emotional expressions from moving and static displays by individuals with mental retardation. *American Journal on mental retardation*, *104*(3), 270-278.
- Hess, U., Adams, R. B., Grammer, K., & Kleck, R. E. (2009). Face gender and emotion expression: Are angry women more like men? *Journal of Vision*, *9*(12), 19-19.
- Hill, M. L., & Craig, K. D. (2004). Detecting deception in facial expressions of pain: accuracy and training. *The Clinical journal of pain*, *20*(6), 415-422.
- Hirsh, A. T., George, S. Z., Bialosky, J. E., & Robinson, M. E. (2008). Fear of pain, pain catastrophizing, and acute pain perception: relative prediction and timing of assessment. *The Journal of Pain*, *9*(9), 806-812.
- Hoffmann, H., Traue, H. C., Bachmayr, F., & Kessler, H. (2010). Perceived realism of dynamic facial expressions of emotion: Optimal durations for the presentation of emotional onsets and offsets. *Cognition and emotion*, *24*(8), 1369-1376.
- Höschel, K., & Irle, E. (2001). Emotional priming of facial affect identification in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *27*(2), 317-327.

- Iacoboni, M., Woods, R. P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (1999). Cortical mechanisms of human imitation. *science*, 286(5449), 2526-2528.
- IASP. (2023). International Association for the Study of Pain.
- Ibáñez, A., Hurtado, E., Lobos, A., Escobar, J., Trujillo, N., Baez, S., Huepe, D., Manes, F., & Decety, J. (2011). Subliminal presentation of other faces (but not own face) primes behavioral and evoked cortical processing of empathy for pain. *Brain research*, 1398, 72-85.
- Jackson, P. L., & Decety, J. (2004). Motor cognition: A new paradigm to study self–other interactions. *Current opinion in Neurobiology*, 14(2), 259-263.
- Jauniaux, J., Khatibi, A., Rainville, P., & Jackson, P. L. (2019). A meta-analysis of neuroimaging studies on pain empathy: investigating the role of visual information and observers' perspective. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 14(8), 789-813.
- Jellema, T., Pecchinenda, A., Palumbo, L., & Tan, E. G. (2011). Biases in the perception and affective valence of neutral facial expressions induced by the immediate perceptual history. *Visual Cognition*, 19(5), 616-634.
- Jensen, T. S., & Gebhart, G. (2008). New pain terminology: a work in progress. In (Vol. 140, pp. 399-400): LWW.
- Kappesser, J. (2019). The facial expression of pain in humans considered from a social perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374(1785), 20190284.
- Kappesser, J., & de Williams, A. C. (2002). Pain and negative emotions in the face: judgements by health care professionals. *Pain*, 99(1), 197-206.
- Kappesser, J., & Williams, A. C. d. C. (2010). Pain estimation: asking the right questions. *Pain*, 148(2), 184-187.
- Karmann, A. J. (2015). *Psychosoziale und neurobiologische Determinanten der Inhibition von Schmerz mimik* Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Fakultät Humanwissenschaften].
- Karmann, A. J., Lauer, C., Ziegler, E., Killian, L., Horn-Hofmann, C., & Lautenbacher, S. (2018). Associations of nocturnal sleep with experimental pain and pain catastrophizing in healthy volunteers. *Biological psychology*, 135, 1-7.
- Karmann, A. J., Lautenbacher, S., Bauer, F., & Kunz, M. (2014). The influence of communicative relations on facial responses to pain: Does it matter who is watching? *Pain Research and Management*, 19, 15-22.
- Karmann, A. J., Maihöfner, C., Lautenbacher, S., Sperling, W., Kornhuber, J., & Kunz, M. (2016). The role of prefrontal inhibition in regulating facial expressions of pain: a repetitive transcranial magnetic stimulation study. *The Journal of Pain*, 17(3), 383-391.
- Kaul, C., Rees, G., & Ishai, A. (2011). The gender of face stimuli is represented in multiple regions in the human brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 238.
- Kenntner-Mabiala, R., Andreatta, M., Wieser, M. J., Mühlberger, A., & Pauli, P. (2008). Distinct effects of attention and affect on pain perception and somatosensory evoked potentials. *Biological psychology*, 78(1), 114-122.
- Kenntner-Mabiala, R., & Pauli, P. (2005). Affective modulation of brain potentials to painful and nonpainful stimuli. *Psychophysiology*, 42(5), 559-567.
- Keogh, E. (2018). Sex and gender as social-contextual factors in pain. *Social and interpersonal dynamics in pain: We don't suffer alone*, 433-453.
- Keogh, E. (2021). The gender context of pain. *Health Psychology Review*, 15(3), 454-481.
- Khatibi, A., Roy, M., Chen, J.-I., Gill, L.-N., Piche, M., & Rainville, P. (2023). Brain responses to the vicarious facilitation of pain by facial expressions of pain and fear. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 18(1), nsac056.
- Khatibi, A., Vachon-Preseu, E., Schrooten, M., Vlaeyen, J., & Rainville, P. (2014). Attention effects on vicarious modulation of nociception and pain. *PAIN®*, 155(10), 2033-2039.
- Kirwilliam, S., & Derbyshire, S. (2008). Increased bias to report heat or pain following emotional priming of pain-related fear. *PAIN®*, 137(1), 60-65.
- Kornelsen, J., McIver, T. A., & Stroman, P. W. (2019). Unique brain regions involved in positive versus negative emotional modulation of pain. *Scandinavian Journal of Pain*, 19(3), 583-596.

- Kret, M. E., & De Gelder, B. (2012). A review on sex differences in processing emotional signals. *Neuropsychologia*, *50*(7), 1211-1221.
- Kröner-Herwig, B., & Lautenbacher, S. (2017). Schmerzmessung und klinische Diagnostik. *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen–Diagnostik–Krankheitsbilder–Behandlung*, 215-238.
- Krumhuber, E. G., Kappas, A., & Manstead, A. S. (2013). Effects of dynamic aspects of facial expressions: A review. *Emotion Review*, *5*(1), 41-46.
- Krumhuber, E. G., Tamarit, L., Roesch, E. B., & Scherer, K. R. (2012). FACSGen 2.0 animation software: generating three-dimensional FACS-valid facial expressions for emotion research. *Emotion*, *12*(2), 351.
- Kunz, M. (2015). Behavioural/facial markers of pain, emotion, cognition. In *Pain, Emotion and Cognition: A Complex Nexus* (pp. 123-133). Springer.
- Kunz, M., Chatelle, C., Lautenbacher, S., & Rainville, P. (2008). The relation between catastrophizing and facial responsiveness to pain. *Pain*, *140*(1), 127-134.
- Kunz, M., Chen, J.-I., Lautenbacher, S., & Rainville, P. (2023). Brain mechanisms associated with facial encoding of affective states. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *23*(5), 1281-1290.
- Kunz, M., Chen, J.-I., Lautenbacher, S., Vachon-Preseau, E., & Rainville, P. (2011). Cerebral regulation of facial expressions of pain. *Journal of Neuroscience*, *31*(24), 8730-8738.
- Kunz, M., Chen, J.-I., & Rainville, P. (2020). Keeping an eye on pain expression in primary somatosensory cortex. *Neuroimage*, *217*, 116885.
- Kunz, M., Faltermeier, N., & Lautenbacher, S. (2012). Impact of visual learning on facial expressions of physical distress: A study on voluntary and evoked expressions of pain in congenitally blind and sighted individuals. *Biological Psychology*, *89*(2), 467-476.
- Kunz, M., Gruber, A., & Lautenbacher, S. (2006). Sex differences in facial encoding of pain. *The Journal of Pain*, *7*(12), 915-928.
- Kunz, M., Karos, K., & Vervoort, T. (2018). When, how, and why do we express pain? *Social and interpersonal dynamics in pain: We don't suffer alone*. New York, NY: Springer (2018). pp. 101-119.
- Kunz, M., & Lautenbacher, S. (2014). The faces of pain: a cluster analysis of individual differences in facial activity patterns of pain. *European Journal of Pain*, *18*(6), 813-823.
- Kunz, M., & Lautenbacher, S. (2019). Schmerz hat viele Gesichter. *Der Schmerzpatient*, *2*(04), 158-163.
- Kunz, M., Lautenbacher, S., LeBlanc, N., & Rainville, P. (2012). Are both the sensory and the affective dimensions of pain encoded in the face? *Pain*, *153*(2), 350-358.
- Kunz, M., Meixner, D., & Lautenbacher, S. (2019). Facial muscle movements encoding pain—a systematic review. *Pain*, *160*(3), 535-549.
- Kunz, M., Mylius, V., Schepelmann, K., & Lautenbacher, S. (2004). On the relationship between self-report and facial expression of pain. *The Journal of Pain*, *5*(7), 368-376.
- Kunz, M., Mylius, V., Schepelmann, K., & Lautenbacher, S. (2008). Impact of age on the facial expression of pain. *Journal of psychosomatic research*, *64*(3), 311-318.
- Kunz, M., Peter, J., Huster, S., & Lautenbacher, S. (2013). Pain and disgust: The facial signaling of two aversive bodily experiences. *PloS one*, *8*(12), e83277.
- Kunz, M., Prkachin, K., & Lautenbacher, S. (2009). The smile of pain. *Pain*, *145*(3), 273-275.
- Kunz, M., Rainville, P., & Lautenbacher, S. (2011). Operant conditioning of facial displays of pain. *Psychosomatic Medicine*, *73*(5), 422-431.
- Kunz, M., Scharmann, S., Hemmeter, U., Schepelmann, K., & Lautenbacher, S. (2007). The facial expression of pain in patients with dementia. *PAIN®*, *133*(1-3), 221-228.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American psychologist*, *50*(5), 372.
- Lashley, K. S. (1951). *The problem of serial order in behavior* (Vol. 21). Bobbs-Merrill Oxford.
- Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2017). Facial pain expression in dementia: a review of the experimental and clinical evidence. *Current Alzheimer Research*, *14*(5), 501-505.

- Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2019). Dekodieren der Schmerz mimik. *Der Schmerzpatient*, 2(04), 164-170.
- Lautenbacher, S., Niewelt, B. G., & Kunz, M. (2013). Decoding pain from the facial display of patients with dementia: a comparison of professional and nonprofessional observers. *Pain Medicine*, 14(4), 469-477.
- Lilley, C. M., Craig, K. D., & Grunau, R. E. (1997). The expression of pain in infants and toddlers: developmental changes in facial action. *Pain*, 72(1-2), 161-170.
- Loggia, M. L., Juneau, M., & Bushnell, C. M. (2011). Autonomic responses to heat pain: Heart rate, skin conductance, and their relation to verbal ratings and stimulus intensity. *Pain*, 152(3), 592-598.
- Lu, Y., Zhang, W.-N., Hu, W., & Luo, Y.-J. (2011). Understanding the subliminal affective priming effect of facial stimuli: an ERP study. *Neuroscience letters*, 502(3), 182-185.
- Magerl, W., & Treede, R.-D. (2017). Physiologie von Nozizeption und Schmerz. In B. Kröner-Herwig, J. Frettlöh, R. Klinger, & P. Nilges (Eds.), *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen – Diagnostik – Krankheitsbilder – Behandlung* (pp. 31-72). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50512-0_3
- Mailhot, J. P., Vachon-Presseau, E., Jackson, P. L., & Rainville, P. (2012). Dispositional empathy modulates vicarious effects of dynamic pain expressions on spinal nociception, facial responses and acute pain. *European Journal of Neuroscience*, 35(2), 271-278.
- Matamala-Gomez, M., Bottiroli, S., Sances, G., Allena, M., De Icco, R., Ghiotto, N., Guaschino, E., Sandrini, G., & Tassorelli, C. (2022). Facial expressions modulate pain perception in patients with chronic migraine. *Cephalalgia*, 42(8), 739-748.
- Matthewson, G. M., Woo, C.-W., Reddan, M. C., & Wager, T. D. (2019). Cognitive self-regulation influences pain-related physiology. *Pain*, 160(10), 2338-2349.
- Meagher, M. W., Arnau, R. C., & Rhudy, J. L. (2001). Pain and emotion: effects of affective picture modulation. *Psychosomatic Medicine*, 63(1), 79-90.
- Meister, E., Horn-Hofmann, C., Kunz, M., Krumhuber, E. G., & Lautenbacher, S. (2021). Decoding of facial expressions of pain in avatars: does sex matter? *Scandinavian Journal of Pain*, 21(1), 174-182.
- Meng, J., Hu, L., Shen, L., Yang, Z., Chen, H., Huang, X., & Jackson, T. (2012). Emotional primes modulate the responses to others' pain: an ERP study. *Experimental brain research*, 220, 277-286.
- Mini, A., Rau, H., Montoya, P., Palomba, D., & Birbaumer, N. (1995). Baroreceptor cortical effects, emotions and pain. *International Journal of Psychophysiology*, 19(1), 67-77.
- Missana, M., Grigutsch, M., & Grossmann, T. (2014). Developmental and individual differences in the neural processing of dynamic expressions of pain and anger. *PloS one*, 9(4), e93728.
- Moser, E., Derntl, B., Robinson, S., Fink, B., Gur, R. C., & Grammer, K. (2007). Amygdala activation at 3T in response to human and avatar facial expressions of emotions. *Journal of neuroscience methods*, 161(1), 126-133.
- Müller, R., Gertz, K. J., Molton, I. R., Terrill, A. L., Bombardier, C. H., Ehde, D. M., & Jensen, M. P. (2016). Effects of a tailored positive psychology intervention on well-being and pain in individuals with chronic pain and a physical disability. *The Clinical journal of pain*, 32(1), 32-44.
- Müller, R., Segerer, W., Ronca, E., Gemperli, A., Stirnimann, D., Scheel-Sailer, A., & Jensen, M. P. (2022). Inducing positive emotions to reduce chronic pain: a randomized controlled trial of positive psychology exercises. *Disability and Rehabilitation*, 44(12), 2691-2704.
- Olesen, A. E., Andresen, T., Staahl, C., & Drewes, A. M. (2012). Human experimental pain models for assessing the therapeutic efficacy of analgesic drugs. *Pharmacological reviews*, 64(3), 722-779.
- Orenius, T. I., Raij, T. T., Nuortimo, A., Näätänen, P., Lipsanen, J., & Karlsson, H. (2017). The interaction of emotion and pain in the insula and secondary somatosensory cortex. *Neuroscience*, 349, 185-194.

- Peters, J. W., Koot, H. M., Grunau, R. E., de Boer, J., van Druenen, M. J., Tibboel, D., & Duivenvoorden, H. J. (2003). Neonatal Facial Coding System for assessing postoperative pain in infants: item reduction is valid and feasible. *The Clinical journal of pain, 19*(6), 353-363.
- Petersen-Felix, S., & Arendt-Nielsen, L. (2002). From pain research to pain treatment: the role of human experimental pain models. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 16*(4), 667-680.
- Plant, E. A., Kling, K. C., & Smith, G. L. (2004). The influence of gender and social role on the interpretation of facial expressions. *Sex roles, 51*, 187-196.
- Pouwels, S., Van Genderen, M. E., Kreeftenberg, H. G., Ribeiro, R., Parmar, C., Topal, B., Celik, A., & Ugale, S. (2019). Utility of the cold pressor test to predict future cardiovascular events. *Expert review of cardiovascular therapy, 17*(4), 305-318.
- Preston, S. D. (2007). A perception-action model for empathy. *Empathy in mental illness, 1*, 428-447.
- Preston, S. D., & De Waal, F. B. (2002). Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and brain sciences, 25*(1), 1-20.
- Price, D. D., Bush, F. M., Long, S., & Harkins, S. W. (1994). A comparison of pain measurement characteristics of mechanical visual analogue and simple numerical rating scales. *Pain, 56*(2), 217-226.
- Priebe, J., Messingschlager, M., & Lautenbacher, S. (2015). Gaze behaviour when monitoring pain faces: An eye-tracking study. *European Journal of Pain, 19*(6), 817-825.
- Prkachin, K. M. (1992). The consistency of facial expressions of pain: a comparison across modalities. *Pain, 51*(3), 297-306.
- Prkachin, K. M., Berzins, S., & Mercer, S. R. (1994). Encoding and decoding of pain expressions: a judgement study. *Pain, 58*(2), 253-259.
- Prkachin, K. M., & Craig, K. D. (1995). Expressing pain: The communication and interpretation of facial pain signals. *Journal of Nonverbal Behavior, 19*(4), 191-205.
- Prkachin, K. M., Mass, H., & Mercer, S. R. (2004). Effects of exposure on perception of pain expression. *Pain, 111*(1), 8-12.
- Prkachin, K. M., & Solomon, P. E. (2008). The structure, reliability and validity of pain expression: Evidence from patients with shoulder pain. *Pain, 139*(2), 267-274.
- Prkachin, K. M., Solomon, P. E., & Ross, J. (2007). Underestimation of pain by health-care providers: towards a model of the process of inferring pain in others. *Canadian Journal of Nursing Research Archive, 88*-106.
- Puntillo, K., Neighbor, M., O'Neil, N., & Nixon, R. (2003). Accuracy of emergency nurses in assessment of patients' pain. *Pain management nursing, 4*(4), 171-175.
- Raja, S. N., Carr, D. B., Cohen, M., Finnerup, N. B., Flor, H., Gibson, S., Keefe, F. J., Mogil, J. S., Ringkamp, M., & Sluka, K. A. (2020). The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain, 161*(9), 1976-1982.
- Registries, P. International Association for the Study of Pain.(2023). In.
- Reichert, P., Gerdes, A. B., Pauli, P., & Wieser, M. J. (2013). On the mutual effects of pain and emotion: facial pain expressions enhance pain perception and vice versa are perceived as more arousing when feeling pain. *PAIN®, 154*(6), 793-800.
- Reichert, P., Wieser, M. J., Gerdes, A. B., Likowski, K. U., Weyers, P., Mühlberger, A., & Pauli, P. (2012). Electrocortical evidence for preferential processing of dynamic pain expressions compared to other emotional expressions. *PAIN®, 153*(9), 1959-1964.
- Rhudy, J. L., Williams, A. E., McCabe, K. M., Nguyê~ n, M. A. T. V., & Rambo, P. (2005). Affective modulation of nociception at spinal and supraspinal levels. *Psychophysiology, 42*(5), 579-587.
- Rhudy, J. L., Williams, A. E., McCabe, K. M., Russell, J. L., & Maynard, L. J. (2008). Emotional control of nociceptive reactions (ECON): Do affective valence and arousal play a role? *Pain, 136*(3), 250-261.
- Richter, M., Miltner, W., & Weiss, T. (2011). Pain words activate pain-processing neural structures. *Schmerz (Berlin, Germany), 25*(3), 322-324.

- Richter, M., Schroeter, C., Puensch, T., Straube, T., Hecht, H., Ritter, A., Miltner, W. H., & Weiss, T. (2014). Pain-related and negative semantic priming enhances perceived pain intensity. *Pain Research and Management*, *19*, 69-74.
- Riva, P., Sacchi, S., Montali, L., & Frigerio, A. (2011). Gender effects in pain detection: Speed and accuracy in decoding female and male pain expressions. *European Journal of Pain*, *15*(9), 985. e981-985. e911.
- Robinson, M. E., & Wise, E. A. (2003). Gender bias in the observation of experimental pain. *Pain*, *104*(1-2), 259-264.
- Roesch, E. B., Tamarit, L., Reveret, L., Grandjean, D., Sander, D., & Scherer, K. R. (2011). FACSGen: A tool to synthesize emotional facial expressions through systematic manipulation of facial action units. *Journal of Nonverbal Behavior*, *35*, 1-16.
- Rosenthal, R. (1982). Conducting judgment studies. U Scherer, KR & Ekman, P. *Handbook of Methods in Nonverbal Behavior Research*.
- Roy, M., Lebus, A., Peretz, I., & Rainville, P. (2011). The modulation of pain by attention and emotion: a dissociation of perceptual and spinal nociceptive processes. *European Journal of Pain*, *15*(6), 641. e641-641. e610.
- Samulowitz, A., Gremyr, I., Eriksson, E., & Hensing, G. (2018). "Brave men" and "emotional women": A theory-guided literature review on gender bias in health care and gendered norms towards patients with chronic pain. *Pain Research and Management*, 2018.
- Sato, W., Fujimura, T., & Suzuki, N. (2008). Enhanced facial EMG activity in response to dynamic facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, *70*(1), 70-74.
- Schwartz, G. E., Brown, S. L., & Ahern, G. L. (1980). Facial muscle patterning and subjective experience during affective imagery: Sex differences. *Psychophysiology*, *17*(1), 75-82.
- Simon, D., Craig, K. D., Gosselin, F., Belin, P., & Rainville, P. (2008). Recognition and discrimination of prototypical dynamic expressions of pain and emotions. *PAIN®*, *135*(1-2), 55-64.
- Simon, D., Craig, K. D., Miltner, W. H., & Rainville, P. (2006). Brain responses to dynamic facial expressions of pain. *Pain*, *126*(1-3), 309-318.
- Singer, T., & Lamm, C. (2009). The social neuroscience of empathy. *Annals of the new York Academy of Sciences*, *1156*(1), 81-96.
- Smith, F. W., & Rossit, S. (2018). Identifying and detecting facial expressions of emotion in peripheral vision. *PloS one*, *13*(5), e0197160.
- Sprenger, T., Valet, M., Boecker, H., Henriksen, G., Spilker, M. E., Willloch, F., Wagner, K. J., Wester, H. J., & Tölle, T. R. (2006). Opioidergic activation in the medial pain system after heat pain. *PAIN®*, *122*(1-2), 63-67.
- Stahl, C., & Drewes, A. M. (2004). Experimental human pain models: a review of standardised methods for preclinical testing of analgesics. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, *95*(3), 97-111.
- Stoykov, M. E., & Madhavan, S. (2015). Motor priming in neurorehabilitation. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*, *39*(1), 33.
- Stutts, L. A., Hirsh, A. T., George, S. Z., & Robinson, M. E. (2010). Investigating patient characteristics on pain assessment using virtual human technology. *European Journal of Pain*, *14*(10), 1040-1045.
- Tan, L., & Martin, G. (2015). Taming the adolescent mind: A randomised controlled trial examining clinical efficacy of an adolescent mindfulness-based group programme. *Child and Adolescent Mental Health*, *20*(1), 49-55.
- Thong, I. S., Tan, G., & Jensen, M. P. (2017). The buffering role of positive affect on the association between pain intensity and pain related outcomes. *Scandinavian Journal of Pain*, *14*(1), 91-97.
- Tousignant-Laflamme, Y., Pagé, S., Goffaux, P., & Marchand, S. (2008). An experimental model to measure excitatory and inhibitory pain mechanisms in humans. *Brain research*, *1230*, 73-79.

- Treede, R.-D., Rief, W., Barke, A., Aziz, Q., Bennett, M. I., Benoliel, R., Cohen, M., Evers, S., Finnerup, N. B., & First, M. B. (2019). Chronic pain as a symptom or a disease: the IASP Classification of Chronic Pain for the International Classification of Diseases (ICD-11). *Pain*, *160*(1), 19-27.
- Vachon-Preseu, E., Martel, M. O., Roy, M., Caron, E., Jackson, P. L., & Rainville, P. (2011). The multilevel organization of vicarious pain responses: effects of pain cues and empathy traits on spinal nociception and acute pain. *PAIN®*, *152*(7), 1525-1531.
- Van Middendorp, H., Lumley, M. A., Moerbeek, M., Jacobs, J. W., Bijlsma, J. W., & Geenen, R. (2010). Effects of anger and anger regulation styles on pain in daily life of women with fibromyalgia: A diary study. *European Journal of Pain*, *14*(2), 176-182.
- Vervoort, T., Caes, L., Crombez, G., Koster, E., Van Damme, S., Dewitte, M., & Goubert, L. (2011). Parental catastrophizing about children's pain and selective attention to varying levels of facial expression of pain in children: A dot-probe study. *PAIN®*, *152*(8), 1751-1757.
- Vervoort, T., Caes, L., Trost, Z., Sullivan, M., Vangronsveld, K., & Goubert, L. (2011). Social modulation of facial pain display in high-catastrophizing children: an observational study in schoolchildren and their parents. *PAIN®*, *152*(7), 1591-1599.
- Vervoort, T., Goubert, L., Eccleston, C., Verhoeven, K., De Clercq, A., Buysse, A., & Crombez, G. (2008). The effects of parental presence upon the facial expression of pain: the moderating role of child pain catastrophizing. *Pain*, *138*(2), 277-285.
- Walter, F., & Bruch, H. (2008). The positive group affect spiral: A dynamic model of the emergence of positive affective similarity in work groups. *Journal of Organizational Behavior: The International Journal of Industrial, Occupational and Organizational Psychology and Behavior*, *29*(2), 239-261.
- Wehrle, T., Kaiser, S., Schmidt, S., & Scherer, K. R. (2000). Studying the dynamics of emotional expression using synthesized facial muscle movements. *Journal of personality and social psychology*, *78*(1), 105.
- Weinberg, M., Hammond, T., & Cummins, R. (2013). A pilot Study: The Impact of Laughter Yoga on Subjective Well-Being. *European Journal of Humour Research*, *1*(4), 25-34.
- Wells, L. J., Gillespie, S. M., & Rotshtein, P. (2016). Identification of emotional facial expressions: Effects of expression, intensity, and sex on eye gaze. *PLoS one*, *11*(12), e0168307.
- Weyers, P., Mühlberger, A., Hefele, C., & Pauli, P. (2006). Electromyographic responses to static and dynamic avatar emotional facial expressions. *Psychophysiology*, *43*(5), 450-453.
- Wiech, K., & Tracey, I. (2009). The influence of negative emotions on pain: behavioral effects and neural mechanisms. *Neuroimage*, *47*(3), 987-994.
- Wieser, M. J., Gerdes, A. B., Reicherts, P., & Pauli, P. (2014). Mutual influences of pain and emotional face processing. *Frontiers in psychology*, *5*, 1160.
- Williams, A. C. d. C. (2002). Facial expression of pain: an evolutionary account. *Behavioral and brain sciences*, *25*(4), 439-455.
- Williams, A. C. d. C., & Craig, K. D. (2016). Updating the definition of pain. *Pain*, *157*(11), 2420-2423.
- Williams, A. E., & Rhudy, J. L. (2012). Motivational priming predicts how noxious unconditioned stimuli influence affective reactions to emotional pictures. *Psychology*, *3*(10), 883.
- Wingenbach, T. S., Ashwin, C., & Brosnan, M. (2018). Sex differences in facial emotion recognition across varying expression intensity levels from videos. *PLoS one*, *13*(1), e0190634.
- Xiang, Y., Wang, Y., Gao, S., Zhang, X., & Cui, R. (2018). Neural mechanisms with respect to different paradigms and relevant regulatory factors in empathy for pain. *Frontiers in Neuroscience*, *12*, 507.
- Xiong, R.-C., Fu, X., Wu, L.-Z., Zhang, C.-H., Wu, H.-X., Shi, Y., & Wu, W. (2019). Brain pathways of pain empathy activated by pained facial expressions: a meta-analysis of fMRI using the activation likelihood estimation method. *Neural regeneration research*, *14*(1), 172-178.
- Yamada, M., & Decety, J. (2009). Unconscious affective processing and empathy: an investigation of subliminal priming on the detection of painful facial expressions. *Pain*, *143*(1-2), 71-75.
- Yılmaz, B. Ö., & Aydın, E. (2023). Discussion of International Association for the Study of Pain (IASP) pain definition: What has changed in 2020? *HEALTH SCIENCES QUARTERLY*, *3*(4), 283-291.

- Yoshino, A., Okamoto, Y., Onoda, K., Yoshimura, S., Kunisato, Y., Demoto, Y., Okada, G., & Yamawaki, S. (2010). Sadness enhances the experience of pain via neural activation in the anterior cingulate cortex and amygdala: an fMRI study. *Neuroimage*, *50*(3), 1194-1201.
- Zhang, L., Losin, E. A. R., Ashar, Y. K., Koban, L., & Wager, T. D. (2021). Gender biases in estimation of others' pain. *The Journal of Pain*, *22*(9), 1048-1059.
- Zhou, F., Li, J., Zhao, W., Xu, L., Zheng, X., Fu, M., Yao, S., Kendrick, K. M., Wager, T. D., & Becker, B. (2020). Empathic pain evoked by sensory and emotional-communicative cues share common and process-specific neural representations. *Elife*, *9*, e56929.

8 Danksagung

Abschließend möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt und motiviert haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Frau Prof. Dr. Miriam Kunz, die mir während der gesamten Zeit am Lehrstuhl und trotz eigener Erkrankung immer unterstützend und wohlwollend zur Seite stand und bei Problemen jeglicher Art, ein offenes Ohr für mich hatte. Von ihr habe ich wissenschaftliches Arbeiten und korrektes experimentelles Arbeiten gelernt. Ihre menschliche, offene und nahbare Art möchte ich mir auch für meinen zukünftigen Lebensweg als Vorbild und Maßstab nehmen.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinem weiteren Gutachter Prof. Dr. Lautenbacher bedanken, der durch seine enorme Expertise immer ein guter Ansprechpartner war, stetig bei konzeptuellen Überlegungen unterstützt hat und dabei half die experimentellen Ergebnisse in ein gutes wissenschaftliches Fundament einzubetten.

Außerdem möchte ich mich bei Dr. Philipp Reicherts bedanken, der mich im Labor, bei der Auswertung der Ergebnisse und bei der Planung der Versuchsdurchführung immer unterstützt hat und der durch seine Expertise und freundschaftlich-kollegialen Austausch zu neuen Denkanstößen und Herangehensweisen beigetragen hat.

Ferner möchte ich mich bei Katharina, Giulia und all meinen Kollegen des Lehrstuhls für Medizinische Psychologie und Soziologie bedanken, die mich immer unterstützt und motiviert haben. Ein besonderer Dank gilt hierbei Thomas Frank ohne dessen technische Expertise ein reibungsloser experimenteller Ablauf nicht möglich gewesen wäre.

Zudem möchte ich mich noch bei meinen Eltern und meinen Freunden bedanken, die mich immer unterstützt und in schwierigen Zeiten motiviert haben und ohne die diese Arbeit niemals möglich gewesen wäre.

9 Anhang

9.1 Anhang 1: Studie I

Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2023). How gender affects the decoding of facial expressions of pain. *Scandinavian Journal of Pain*, 23(2), 372-381

Open Access (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.1515/sjpain-2022-0063>

Original Experimental

Peter J. Göller*, Philipp Reicherts, Stefan Lautenbacher and Miriam Kunz

How gender affects the decoding of facial expressions of pain

<https://doi.org/10.1515/sjpain-2022-0063>

Received May 5, 2022; accepted September 19, 2022;

published online October 12, 2022

Abstract

Objectives: Gender has been suggested to play a critical role in how facial expressions of pain are perceived by others. With the present study we aim to further investigate how gender might impact the decoding of facial expressions of pain, (i) by varying both the gender of the observer as well as the gender of the expressor and (ii) by considering two different aspects of the decoding process, namely intensity decoding and pain recognition.

Methods: In two online-studies, videos of facial expressions of pain as well as of anger and disgust displayed by male and female avatars were presented to male and female participants. In the first study, valence and arousal ratings were assessed (intensity decoding) and in the second study, participants provided intensity ratings for different affective states, that allowed for assessing intensity decoding as well as pain recognition.

Results: The gender of the avatar significantly affected the intensity decoding of facial expressions of pain, with higher ratings (arousal, valence, pain intensity) for female compared to male avatars. In contrast, the gender of the observer had no significant impact on intensity decoding. With regard to pain recognition (differentiating pain from anger and disgust), neither the gender of the avatar, nor the gender of the observer had any affect.

Conclusions: Only the gender of the expressor seems to have a substantial impact on the decoding of facial

expressions of pain, whereas the gender of the observer seems of less relevance. Reasons for the tendency to see more pain in female faces might be due to psychosocial factors (e.g., gender stereotypes) and require further research.

Keywords: decoding; facial expression; gender; pain.

Introduction

The decoding of facial expressions of pain plays an important role in social interactions as well as in clinical settings. Research shows that facial expressions of pain can be differentiated from facial expressions of other affective states (e.g., fear, anger) above chance level [1-3]; however, this decoding ability differs substantially between individuals. Several studies have tried to investigate which factors might impact the decoding ability of facial expressions of pain [1, 2, 4-11]. One factor, that has been investigated quite frequently - not only in the context of pain but also for other affective states - is "gender". On the one hand, the gender of the observer ("gender observer") has been found to impact the decoding of facial expressions, with females often showing better decoding performances compared to males [6, 12-15]. On the other hand, the gender of the person being observed ("gender expressor") has also been found to have an impact, with female facial expressions being recognized faster and being rated as more intense [7, 16-19]. With regard to the expression of pain, the results are more ambiguous. Although some studies demonstrate better decoding performances in female observers [20, 21], other studies failed to replicate this finding [6, 22]. In contrast, the influence of the gender of the expressor has been analyzed more often and most studies found that pain intensity was rated higher for female compared to male faces [2, 7, 9, 23-25]. However, there are also studies which failed to demonstrate any effects for the "gender expressor" on the decoding of facial expressions of pain [7, 26].

In light of these mixed findings, we aimed at further elucidating gender effects on the decoding of facial expressions of pain, by taking into consideration both the gender of the observer and the gender of the expressor. Moreover, we

*Corresponding author: Peter J. Göller, Department of Medical Psychology and Sociology, Medical Faculty, University of Augsburg, Universitätsstr, 2, 86159 Augsburg, Germany; and Physiological Psychology, University of Bamberg, Bamberg, Germany, Phone: +49 (0) 821 598 3087, E-mail: peter.goeller@med.uni-augsburg.de
Philipp Reicherts and Miriam Kunz, Medical Psychology and Sociology, Medical Faculty, University of Augsburg, Augsburg, Germany

Stefan Lautenbacher, Physiological Psychology, University of Bamberg, Bamberg, Germany

also wanted to differentiate between two aspects of the decoding process, namely: (I) differentiating pain from other affective states (pain recognition) and (II) inferring the intensity of the expressor's experience (intensity decoding). Thus, we wanted to investigate whether gender ("gender observer" and "gender expressor") impacts both of these decoding aspects.

In the present study, we decided to use computer-generated facial expressions to allow for highly controllable stimuli. Real facial expressions of pain come with the challenge that aspects such as age, attractiveness and the intensity of the expression are difficult to control and to modulate, which can impact the decoding and may interact with gender-effects. Therefore, here we used computer-generated avatars from a previous study that proved to be perceived as valid pain faces by observers [23]. These pain expressions were interleaved with expressions of other affective states in order to assess "pain recognition" namely the facial expressions of anger and disgust as those were found to be frequently confused with pain and are perceived similarly to pain in terms of valence and arousal [2, 8, 27-29].

In summary, the aim of two consecutive studies was to examine how gender ("gender observer" & "gender expressor") affects the intensity decoding (arousal, valence, and pain intensity rating) as well as the pain recognition of facial expressions of pain, using computer-generated facial expressions of pain as well as facial expressions of anger and disgust as distractors.

Methods

The two studies were conducted as online studies via Soscisurvey software (www.soscisurvey.de) [30]. In both studies, videos of facial expressions displayed by male and female avatars were shown to male and female observers. Both study protocols were approved by the ethics committee of the University of Bamberg (#2020-05/15).

Study 1 (valence and arousal ratings; "intensity decoding")

Participants: 119 participants (66 female, median age: 20-24 years) were recruited via e-mail at the University of Augsburg and the University of Bamberg. The sample included mostly students of psychology and medicine who received course credit for participating. All participants provided written informed consent.

Procedure: The study was carried out online via Soscisurvey software (www.soscisurvey.de) [30] in June - September 2020. Video clips of 2 different avatars (1 male & 1 female) displaying facial expressions of pain as well as of 6 basic emotions (anger, disgust, happiness, fear, surprise, sadness) were created, which were presented in a randomized order. After each video clip, participants were asked to provide

two ratings, namely valence and arousal ratings. We started off by providing detailed written instructions, followed by a familiarization trial. The completion of this online task took between 30 and 40 min. The participants could adjust the size of the video clips individually, so that the video clips filled the screen and could be easily observed by the participants (this data was also recorded). As explained in the introduction, we focused on facial expressions of pain and compared them with facial expressions of anger and disgust.

Stimulus material: The faces of the avatars were modelled with the software FaceGen Modeller Core 3.5 (Version of 2019). Dynamic facial expressions were created with the software FACSGen3 (Version of 2019). This software allows to create facial responses based on the Facial Action Coding System (FACS) [31]. FACS is an anatomically based system that separates facial responses and muscle contractions into so called Action Units (AUs). FACSGen3 allows to animate each AU separately, at levels of intensity from 0 to 100. Regarding the facial expressions of pain, we used the same expressions as described in detail in Meister et al. 2021. In short, three variations of facial expressions of pain were created that stem from empirically identified variations in facial expressions of pain [1, 32]. For the present study, we additionally modelled facial expressions representing six basic emotions (anger, disgust, happiness, fear, surprise, sadness). In order to mirror the approach used for the facial expression of pain we also wanted to use variations in facial expressions for the other emotional stimulus categories. Given that there is no empirical study which systematically investigated variations in facial expressions of six basic emotions, we selected given variants already programmed in FACSGen3. For further analyses, we only focused on the facial expressions of pain, anger, and disgust.

The three created variants for pain, anger and disgust are displayed in Figure 1. All in all, 1 male "gender expressor" and 1 female "gender expressor" of the avatars were animated with identical facial activity patterns. The animation of the facial expressions always followed the same time-course. It started off with a neutral expression, followed by a 1 s increase in Action Unit intensities. The full-blown expression was kept stable for 0.5 s, followed by a 1 s decrease and ending again with a neutral expression. Thus, the complete facial expression lasted for 2.5 s. Each video clip started with a fixation cross in the middle of the screen for 1 s to focus participants' attention, followed by the appearance of the avatar's neutral facial expression. In total 42 video clips (2 avatars x 7 types of facial expressions x 3 variations) were presented in a randomized order.

Rating scales: After each video clip, participants were asked to rate valence and arousal of the expressed affective state. Valence and arousal were assessed using Self-Assessment Manikin (SAM [33]) that appeared in the middle of the computer screen (valence on the upper half, arousal on the lower half). Ratings were performed by mouse click on the manikins or spaces in-between, resulting in 9 categories (i.e., "maximum positive" to "maximum negative" for valence and "maximum" to "no" for arousal). The participants had unlimited time to provide their ratings. Only after participants provided the two ratings, they were able to click on the button "continue" and the next fixation cross, followed by the appearance of the next avatars neutral facial expression appeared and the next facial expression unfolded. To familiarize subjects with the rating procedure, two practice trials were conducted at the beginning of the study.

Data quality management: To ensure sufficient data quality, we inspected the ratings following suggestions for data gathered in online studies [34-36]. First criterion was that we checked the size in which the









	<u>Pain</u>	<u>Anger</u>	<u>Disgust</u>
Variation 1: Action Units (Intensity)	AUs: 4 (50); 6 (80); 7 (80); 9 (40); 10 (40) 	AUs: 4 (55); 5 (42); 9 (42); 24 (76) 	AUs: 9 (92); 15 (39); 25 (41) 
Variation 2: Action Units (Intensity)	AUs: 6 (60); 7 (60); 25 (80); 26 (80); 27 (30) 	AUs: 4 (55); 5 (42); 9 (12) 	AUs: 1+2+4 (54); 9 (45); 15 (87); 25 (84) 
Variation 3: Action Units (Intensity)	AUs: 4 (90); 6 (70); 7 (70) 	AUs: 4 (60); 17 (39); 25 (52); 26 (54) 	AUs: 7 (65); 10 (90); 15 (28); 25 (29) 

Figure 1: Different types of facial expressions of pain, anger and disgust, created for the male and female “gender expressor” of the avatars (FaceGen modeller core 3.5 (version of 2019) + FACSGen3 (version of 2019)) the intensity of the shown action units is displayed in brackets (ranging from 0 to 100). Pictures show the full-blown expressions.

videos were displayed (the experimental set-up allowed for the adjustment of the video-size to fit the computer screen). If the video size was set below 3% of the screen those participants were excluded because it is questionable whether the facial responses could really be seen. Second criteria was the anomaly index (IBM SPSS 28) which allows the identification of unusual cases based on their rating behaviour (e.g., a very high arousal rating for a neutral facial expression). If a participant showed high anomaly index across more than three variables, the participant was excluded. Third criterion was, that there was almost no variation/variance in the response behaviour (this means that the same rating was used over and over again). After inspection of the data, 2 participants were excluded based on these criteria. Furthermore, in order to have gender balance for the analyses, which is important to ensure homoscedasticity and to keep the risk of an alpha error as low as possible [37], 13 women were randomly excluded. Thus, 104 participants (53 female, median age category: 20-24 years) were entered into the analyses.

Statistical analysis: In order to investigate how gender affects the intensity decoding (valence and arousal) of facial expressions, we conducted 3 multivariate analyses of variance (ANOVA) with repeated measurements separately for facial expressions of pain, anger and disgust. In the first ANOVA (pain) “gender expressor” was entered as the

within-subject factor and “gender observer” was entered as the between subject factor, with valence and arousal ratings for the facial expressions of pain being entered as the multivariate outcome variables. To investigate whether potential gender effects are specific for pain or might also be found for decoding of facial expressions of other negative affective states, the analyses of variance was additionally conducted for facial expressions of anger and disgust. Significance was assumed at an alpha level ≤ 0.05 . Data were analysed using SPSS (version 28.0).

Study 2

In study 2 we wanted to investigate potential gender differences, not only in intensity decoding but also in pain recognition of pain. Thus, the same video clips as in study 1 were presented again, however this time allowing for assessing pain recognition.

Participants: 263 participants (164 female; median age 20-24) were recruited through e-mail at the University of Augsburg and the University of Bamberg. The sample included mostly students of psychology and medicine who received course credit for participating. All participants provided written informed consent.

Procedure: Study 2 was also carried out online via Soscisurvey software (www.soscisurvey.de) [30] in November 2020 - February 2021. We used the same video clips as in study 1. Here, each video clip was shown several times because this time each video was paired with ratings for each of the 7 affective states (anger, disgust, sadness, surprise, fear, happiness, pain ratings) displayed by two avatars (1 male & 1 female), resulting in 294 presentations (2 Avatars x 7 facial expressions (anger, disgust, sadness, surprise, fear, happiness, pain) x 3 variants of each facial expression x 7 affective state ratings). All video clips were presented in pseudo-randomized order in 3 blocks á 98 video clips. As in study 1 and as explained in the introduction, we focused on the facial expressions of pain and compared it with facial expressions of anger and disgust for further analyses (the remaining affective states can be found in the Appendix). The study started with informed consent, instructions, and a familiarization trial. The study took about 50-70 min.

Stimulus material: We used the same video clips as in study 1.

Rating scales: After each video clip participants were asked to rate the intensity of one of 7 affective states (pain, anger, disgust, happiness, sadness, surprise, fear) using an 11-point-Likert Scale from e.g. 0 - “no pain” to 10 - “extremely strong pain”. The accompanying instruction was e.g., “Please rate the intensity of “PAIN” in this facial expression”, with the affective state printed in bold letters. The same type of rating was presented for the six basic emotions (anger, disgust, happiness, fear, surprise, sadness). The ratings were obtained after each video clip by mouse-click. The participants had unlimited time for providing the rating and the study only continued once the participants had given a rating.

Data quality: As in study 1, we inspected the data following suggestions for data-inspections of online studies [34-36] using the same 3 criteria. After inspection of the data, 23 participants were excluded based on these criteria. Furthermore, in order to have approximately gender balance, which is important to ensure homoscedasticity and to keep the risk of an alpha error as low as possible [37], 38 women were randomly excluded. Thus, 202 participants (111 female, median age: 20-24 years) were entered into the analyses.

Statistical analysis: In order to investigate how the factors “gender observer” and the “gender expressor” influence the intensity decoding of pain, an analysis of variance (ANOVA) with repeated measurements was conducted, with the within-subject factor “gender expressor” and the between-subject factor “gender observer” and pain intensity ratings for the video clips showing facial expressions of pain as the outcome variable. As in study 1, we investigated whether potential gender effects are specific to pain or can also be found for facial expressions of anger and disgust. Thus, we conducted the same analysis, this time entering the intensity ratings of anger and disgust for facial expressions of anger and disgust, respectively, as outcome variables.

Moreover, we conducted receiver operating characteristic (ROC) curves [38-40] to analyze gender differences in the pain recognition of facial expressions of pain. We created ROC-Curves separately for female and male observers (“gender observer”) and for female and male avatars (“gender expressor”). The ROC-Curves were calculated using the reported intensity of pain as hit for the facial expression of pain whereas the facial expressions of anger and disgust were used as disruptive influences, according to the principle of the signal detection theory, where the hit rate and false positive rate are used to estimate the recognition ability [40]. We then used the area under the curve (AUC) to obtain an indication of the gender differences in the pain recognition of the facial expression of pain for the “gender expressor” and “gender

observer”. An AUC-rating of 0.5 indicated a chance performance on the decoding task.

Significance was assumed at an alpha level ≤ 0.05 . Data were analysed using SPSS (version 28.0).

Results

Study 1

Gender effects on intensity decoding of facial expressions of pain

There was a significant main effect of the “gender expressor” on valence and arousal ratings of facial expressions of pain ($F(2, 101)=13.62, p<0.001$). As univariate outcomes showed, the “gender expressor” significantly affected both valence ($F(1, 102)=16.37, p<0.001$) as well as arousal ratings ($F(1, 102)=21.50, p<0.001$) of facial expressions of pain. As can be seen in Figure 2A, female avatars displaying facial expressions of pain were rated as more negative and more arousing than male avatars.

There was no significant main effect of the “gender observer” on valence and arousal ratings of facial expressions of pain ($F(2, 101)=1.86, p=0.161$). There was also no significant interaction effect between “gender expressor” and “gender observer” on the valence and arousal ratings of the facial expressions of pain ($F(1, 102)=0.35, p=0.705$).

Gender effects of anger & disgust intensity decoding

Both for the facial expressions of anger ($F(2, 101)=9.44, p<0.001$) and for the facial expressions of disgust ($F(2, 101)=19.71, p<0.001$), we found significant main effects for the “gender expressor” on valence and arousal ratings. As univariate outcomes showed the “gender expressor” significantly affected valence ($F(1, 102)=16.82, p<0.001$) and arousal ($F(1, 102)=9.32, p=0.003$) ratings for anger as well as valence ($F(1, 102)=35.65, p<0.001$) and arousal ratings ($F(1, 102)=22.96, p<0.001$) for disgust. As can be seen in Figure 2B, and C, female expressions were always rated as more arousing and more negative than male expressions. We also found a significant main effect for “gender observer” for the facial expressions of anger ($F(1, 102)=3.85, p=0.024$), but not for the facial expression of disgust ($F(1, 102)=2.01, p=0.139$). As can be seen in Figure 2B, female observers rated especially anger expressions as more negative than male observers. With regard to interaction effects between gender observer and gender expressor, no significant interactions were found for facial expressions of anger ($F(2, 101)=0.77, p=0.465$), but only for facial expressions of disgust ($F(2, 101)=5.27, p=0.007$); with the pattern of perceiving female expressions as more negative being more pronounced in male observers.

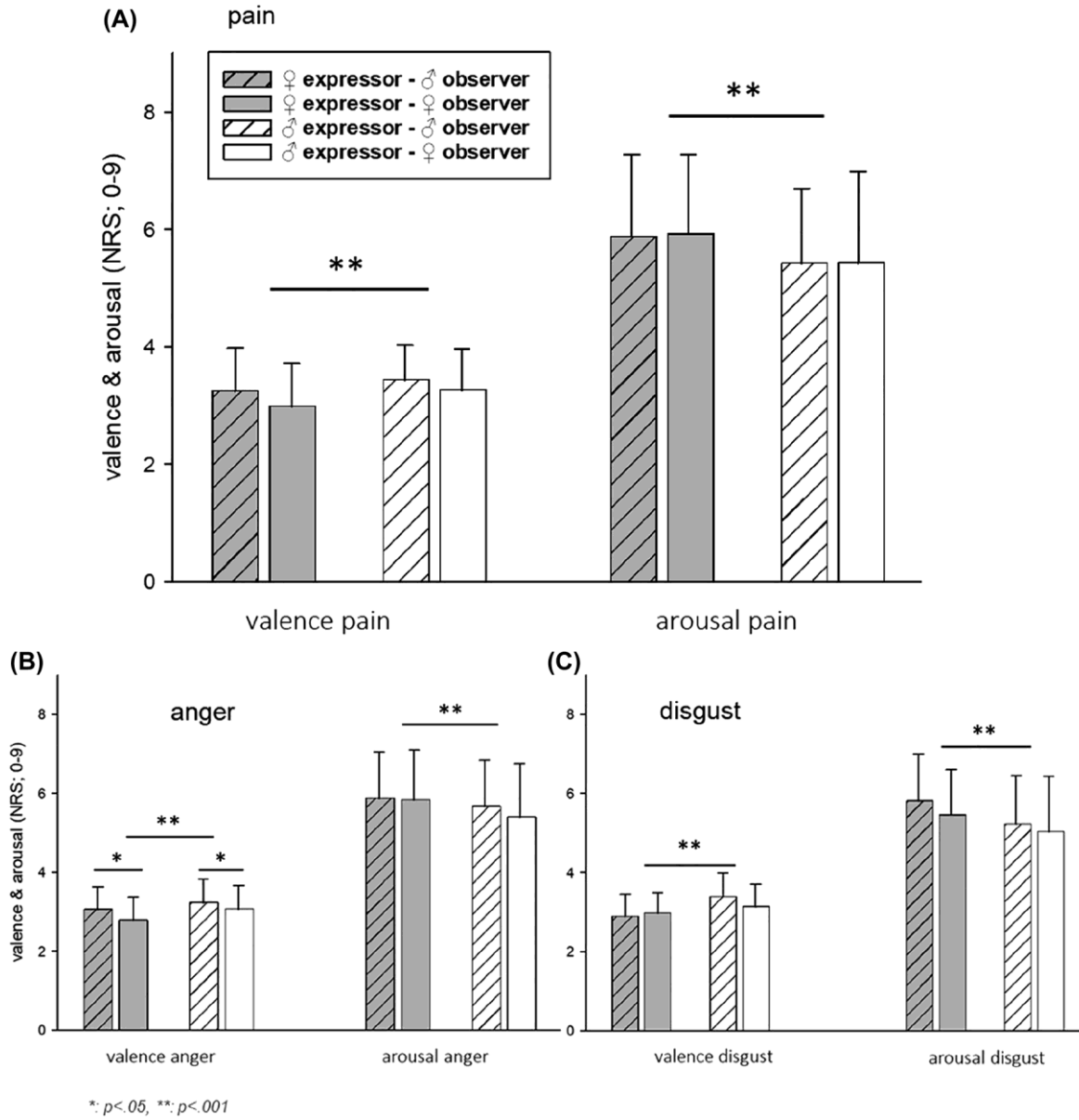


Figure 2: Valence and arousal ratings (mean, standard deviation). Ratings are given separately for pain (A), anger (B) and disgust (C). Moreover, ratings are given separately for male and female observers (gender observer) and for male and female avatars (gender expressor).

Study 2

Gender effects on intensity decoding of facial expressions of pain

Analogue to study 1, we found a significant main effect for the “gender expressor” ($F(1, 200)=7.49, p=0.007$) on intensity ratings for facial expressions of pain. As can be seen in Figure 3, the pain intensity was rated higher when a female avatar displayed the facial expression of pain compared to a male avatar. Also comparable to study 1, the “gender

observer” again did not significantly impact the intensity ratings of facial expressions of pain ($F(1, 200)=2.98, p=0.086$). Moreover, the interaction effect between “gender expressor” and “gender observer” also missed the level of significance ($F(2, 199)=3.48, p=0.063$).

Gender effects on intensity decoding of facial expressions of anger/disgust

Neither for anger ($F(1, 200)=0.15, p=0.702$), nor for disgust ($F(1, 200)=1.88, p=0.172$) did we find a significant main

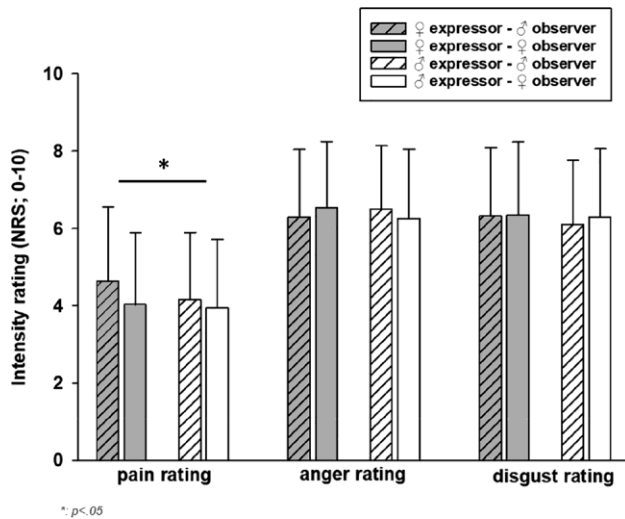


Figure 3: Intensity ratings of the facial expressions of pain, anger & disgust (mean, standard deviation). Ratings are given separately for male and female observers (gender observer) and for male and female avatars (gender expressor).

effects for “gender expressor”. As can be seen in Figure 3, the intensity of anger and disgust was not rated higher in female compared to male avatars. Moreover, also the factor “gender observer” did not yield significant outcomes for anger ($F(1, 200)=0.002$, $p=0.965$) or for disgust ($F(1, 200)=0.22$, $p=0.639$). Thus, gender did not significantly affect the anger and disgust intensity decoding in study 2.

Pain recognition of facial expressions of pain

As can be seen in Figure 4, all AUCs were significantly above chance level, indicating that facial expressions of pain were differentiated from facial expressions of anger/disgust above chance level. However, overall, the AUCs showed only poor pain recognition performances for differentiating facial expressions of pain from expressions of anger and disgust. The AUC for male (AUC=0.582, $p=0.014$; maximum Youden Index: $J=0.123$) and for female “expressors” (AUC=0.587, $p=0.014$; maximum Youden Index: $J=0.138$) showed comparable values. The same applied to the AUCs for male (AUC=0.574, $p=0.015$; maximum Youden Index was $J=0.115$) and female “observers” (AUC=0.594, $p=0.014$; maximum Youden Index: $J=0.136$). Thus, we found that neither the “gender expressor” nor the “gender observer” substantially affected the pain recognition performance for facial expressions of pain.

Discussion

The aim of the present study was to investigate whether and how gender might impact the decoding of facial expressions

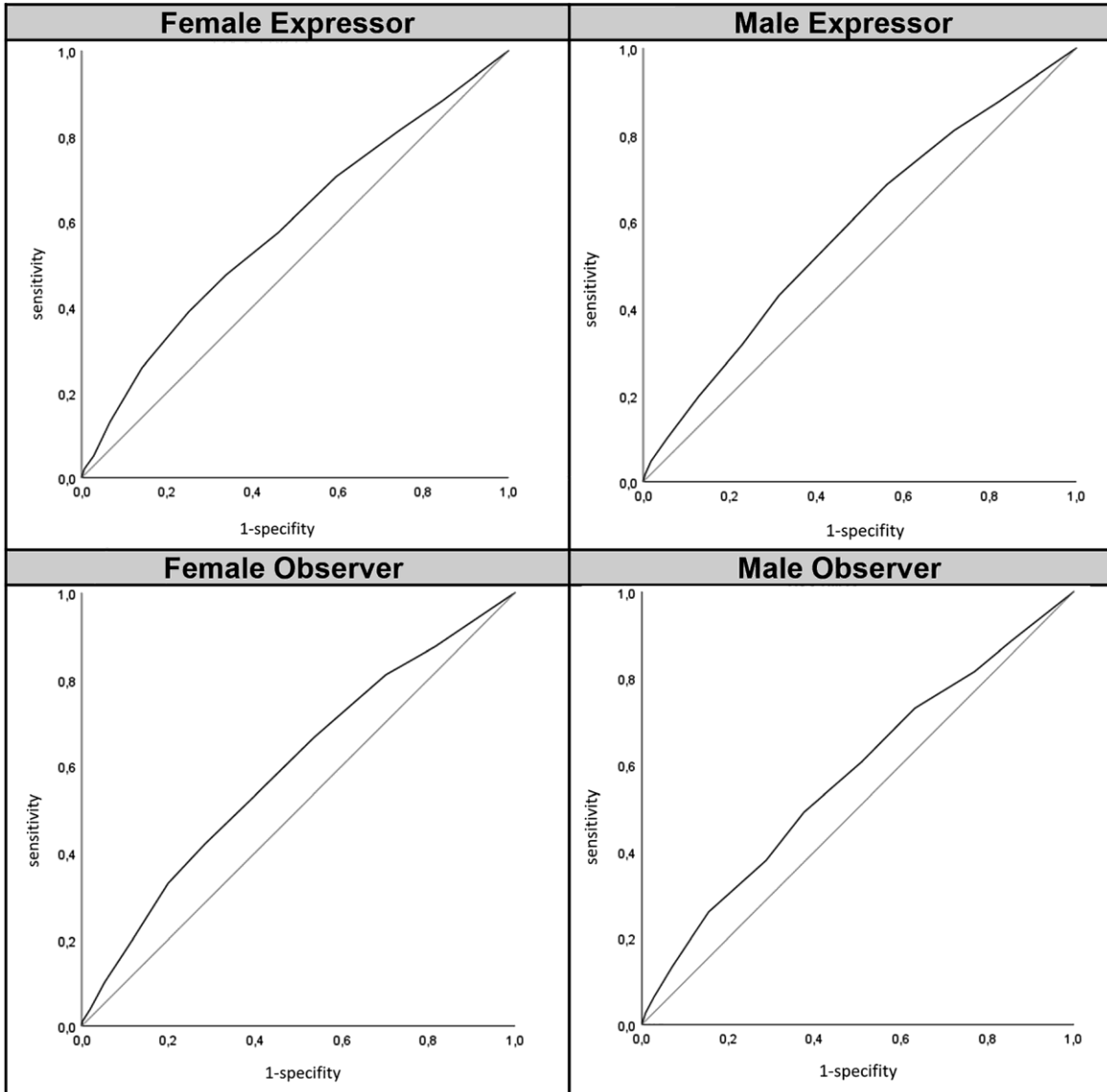
of pain using highly controlled facial expressions displayed by computer generated avatars. We found that the gender of the expressor influenced the decoding process of facial expressions of pain, with expressions displayed by female faces being rated as more arousing, more negative and expressing more pain compared to male faces. In contrast, the gender of the decoder had no clear effect.

How does the gender of the expressor affect the decoding of facial expressions of pain?

Our findings suggest that the gender of the expressor has a relevant impact on the intensity decoding of pain. Across the two studies that we conducted, we assessed valence, arousal (Study 1) as well as pain intensity ratings (Study 2) for female and male faces showing facial expressions of pain. The gender effects we found were evident across all three ratings and across the two studies, that is arousal, valence and pain intensity were always rated higher for female’ compared to male facial expressions of pain. This is in line with the majority of previous studies, which also showed that observers rate the pain intensity as being higher in female compared to male faces [2, 9, 23-25, 41-44]. Thus, the intensity decoding for facial expressions of pain seems to be different for female and male faces expressing pain.

A reason for this effect might be that gender stereotypes such as that women are more vulnerable to pain or the fact that women are more emotionally expressive might play a role [9, 14, 23, 43, 45-48]. So far it is not clear whether these gender-biases transfer to a clinical context. Based on our findings one might expect that pain is overestimated in female patients or -which is even more critical - likely underestimated in male patients [49, 50], which could lead to differences in pain treatment of male and female patients [26, 45, 51, 52].

When interpreting gender differences in decoding affective facial expressions the question arises how affect-or in the present case pain-specific these findings are or whether they generalize to other negative affective states. In our studies, we found some evidence, that similar gender-effects can be found for anger and disgust, with female faces being perceived as more arousing and more negative compared to male faces. However, the intensity ratings of anger and disgust as assessed in study 2, did not show this gender effect. Finding higher ratings when judging facial expressions of various other (negative) affective states in females is in line with previous findings [2, 16, 17, 19, 53, 54]. Thus, it seems that the gender effects we found for intensity decoding of facial expressions of pain are not necessarily pain specific. Nevertheless, given that the gender expressor effects occurred only for facial expressions of pain across all three



$p < .05$

Figure 4: ROC (receiver operating characteristic)-curves of the gender observer and gender expressor for the facial expressions of pain.

types of ratings (valence, arousal, pain intensity) suggests that these gender effects might be more robust for pain. We can only speculate on the reasons for the greater robustness of seeing more pain in female faces. Possibly, the gender stereotype of perceiving women as being more vulnerable and more in need of help than men [26, 48] might be more pronounced when judging affective states, such as pain, which have a stronger linkage to constructs of “vulnerability” or “weakness” compared to anger or disgust.

Besides the evaluation of the intensity of pain, decoding of facial expressions of pain also involves a categorical decision, namely the differentiation of pain from

other types of affective states (pain recognition). For pain recognition, we found that facial expressions of pain were reliably distinguished from anger and disgust in both male and female faces above chance level. However, the area under the curve (AUC) shows that the discrimination performance was far from perfect. The reason for this could be the overlap in facial muscle movements (Action Units, AUs) between the facial expressions of pain, anger, and disgust. For instance, all three types of facial expression have in common that a “contraction of the eyebrows” (AU 4) is displayed [2, 28, 31, 55], which could have led to this low discrimination performance. Interestingly, the decoding

performance was not affected by the gender of the expressor. Thus, although higher pain intensities were perceived in female compared to male faces, this did not lead to a better discrimination for pain in female faces.

How does the gender of the observer affect the decoding of facial expressions of pain?

Our findings suggest that the gender of the observer has no substantial impact on the intensity decoding of pain across the two studies. Neither for valence and arousal nor for intensity ratings did we find significant differences between male and female observers. This is in line with previous studies, which also found no clear differences between male and female observers for intensity decoding of facial expressions of pain [21, 22]. Similarly to the outcomes regarding pain expressions, we also found that the gender of the observer had no substantial impact on intensity decoding of anger and disgust, which corresponds to the results of previous findings (e.g., [2, 14]).

For “pain recognition”, namely differentiating pain from facial expressions of anger and disgust, we also found no difference in decoding performances between male and female observers. Although the pain recognition performance was only poor, both male and female observers could distinguish facial expressions of pain from anger and disgust above chance level. Previous studies have assumed that females might be more accurate in pain recognition of facial expressions of pain [20, 21, 45]. This assumption likely stems from findings on facial expressions of other affective states, where female observers proved to be better at differentiating between facial expressions of various affective states [6, 12, 13, 15, 19, 56, 57]. We can only speculate why females in the present study did not outperform males in “pain recognition”. One possibility could be that facial expressions of pain are simply different from expressions of other affective states and that females are not in advantage here to correctly recognize these. It is also possible that the type of stimulus material plays a crucial role. We used highly controlled computer-generated expressions and thus, the naturally occurring variations with regard to head posture, eye movement, order of single facial muscle movements, skin color etc. that can be relevant for distinguishing between affective states are missing. Thus, at least with regard to computer-generated facial expressions of pain, females are not better in distinguishing facial expressions of pain from anger and disgust.

Overall, our results regarding the gender difference of the observers in the perception of facial expressions of

pain rather suggest that the gender differences can be neglected.

Limitations

There are also some limitations to our studies that we need to address. The studies were conducted as online studies, and thus, we could not control the context (lightning, noise, size of the screen, environment), or how focused participants were during the performance of the decoding task. However, the online study allowed us to successfully recruit a large sample even in times of the COVID-pandemic. In addition, we created female and male avatars with clear gender features and thus, they are not representative for the vast continuum of gender features in the general population.

Conclusions

We found evidence in agreement with previous findings, that the gender of the expressor has a substantial influence on the perception of facial expressions of pain. Observers evaluated a pain expression as being more intense, more arousing and more negative when displayed by a female compared to a male avatar. This gender expressor difference is independent of the gender of the observer. Indeed, based on our study, the influence of the gender of the observer on decoding facial expressions of pain can be neglected. Future studies should investigate whether and how this gender bias impact pain diagnostic and pain treatment.

Acknowledgments: We thank Thomas Frank for the IT-support in setting up the online-study.

Research funding: Authors state no funding involved. **Author contributions:** All authors have accepted responsibility for the entire content of this manuscript and approved its submission.

Competing interests: Authors state no conflict of interest. **Informed consent:** Informed consent has been obtained from all individuals included in this study.

Ethical approval: Research involving human subjects complied with all relevant national regulations, institutional policies and is in accordance with the tenets of the Helsinki Declaration (as amended in 2013) and has been approved the ethics committee of the University of Bamberg (#2020-05/15).

Appendix:

	Valence (Study □)						Arousal (Study □)						Intensity (Study □)					
	Female observer		Male observer		Female observer		Male observer		Female observer		Male observer		Female observer		Male observer			
	Female expressor	Male expressor	Female expressor	Male expressor	Female expressor	Male expressor	Female expressor	Male expressor	Female expressor	Male expressor	Female expressor	Male expressor	Female expressor	Male expressor	Female expressor	Male expressor		
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
Pain	0.000.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00		
Anger	0.000.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00		
Disgust	0.000.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00		
Happiness	0.000.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00		
Fear	0.000.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00		
Sadness	0.000.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00		
Surprise	0.000.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00	0.00	0.000.00	0.00		

References

1. Kunz M, Lautenbacher S. The faces of pain: a cluster analysis of individual differences in facial activity patterns of pain. *Eur J Pain* 2014;18:813-23.
2. Simon D, Craig KD, Gosselin F, Belin P, Rainville P. Recognition and discrimination of prototypical dynamic expressions of pain and emotions. *Pain* 2008;135:55-64.
3. Reicherts P, Wieser MJ, Gerdes AB, Likowski KU, Weyers P, Mühlberger A, et al. Electro cortical evidence for preferential processing of dynamic pain expressions compared to other emotional expressions. *Pain* 2012;153:1959-64.
4. Prkachin KM, Berzins S, Mercer SR. Encoding and decoding of pain expressions: a judgement study. *Pain* 1994;58:253-9.
5. Hadjistavropoulos T, McMurtry B, Craig KD. Beautiful faces in pain: biases and accuracy in the perception of pain. *Psychol Health* 1996;11:411-20.
6. Kret ME, De Gelder B. A review on sex differences in processing emotional signals. *Neuropsychologia* 2012;50:1211-21.
7. Riva P, Sacchi S, Montali L, Frigerio A. Gender effects in pain detection: speed and accuracy in decoding female and male pain expressions. *Eur J Pain* 2011;15:985.e1-e11.
8. Simon D, Craig KD, Miltner WH, Rainville P. Brain responses to dynamic facial expressions of pain. *Pain* 2006;126:309-18.
9. Lautenbacher S, Niewelt BG, Kunz M. Decoding pain from the facial display of patients with dementia: a comparison of professional and nonprofessional observers. *Pain Med* 2013;14:469-77.
10. Keogh E. Gender differences in the nonverbal communication of pain: a new direction for sex, gender, and pain research? *Pain* 2014;155:1927-31.
11. Blais C, Fiset D, Furumoto-Deshaies H, Kunz M, Seuss D, Cormier S. Facial features underlying the decoding of pain expressions. *J Pain* 2019;20:728-38.
12. Hampson E, van Anders SM, Mullin LI. A female advantage in the recognition of emotional facial expressions: test of an evolutionary hypothesis. *Evol Hum Behav* 2006;27:401-16.
13. Wingenbach TS, Ashwin C, Brosnan M. Sex differences in facial emotion recognition across varying expression intensity levels from videos. *PLoS One* 2018;13:e0190634.
14. Plant EA, Kling KC, Smith GL. The influence of gender and social role on the interpretation of facial expressions. *Sex Roles* 2004; 51:187-96.
15. Abbruzzese L, Magnani N, Robertson IH, Mancuso M. Age and gender differences in emotion recognition. *Front Psychol* 2019; 10:1-15.
16. Hess U, Adams RB, Grammer K, Kleck RE. Face gender and emotion expression: are angry women more like men? *J Vis* 2009;9:19.
17. Cellerino A, Borghetti D, Sartucci F. Sex differences in face gender recognition in humans. *Brain Res Bull* 2004;63:443-9.
18. Kaul C, Rees G, Ishai A. The gender of face stimuli is represented in multiple regions in the human brain. *Front Hum Neurosci* 2011; 4:238.
19. Wells LJ, Gillespie SM, Rotshtein P. Identification of emotional facial expressions: effects of expression, intensity, and sex on eye gaze. *PLoS One* 2016;11:e0168307.
20. Prkachin KM, Mass H, Mercer SR. Effects of exposure on perception of pain expression. *Pain* 2004;111:8-12.
21. Hill ML, Craig KD. Detecting deception in facial expressions of pain: accuracy and training. *Clin J Pain* 2004;20:415-22.

22. Robinson ME, Wise EA. Gender bias in the observation of experimental pain. *Pain* 2003;104:259-64.
23. Meister E, Horn-Hofmann C, Kunz M, Krumhuber EG, Lautenbacher S. Decoding of facial expressions of pain in avatars: does sex matter? *Scand J Pain* 2021;21:174-82.
24. Hirsh AT, George SZ, Bialosky JE, Robinson ME. Fear of pain, pain catastrophizing, and acute pain perception: relative prediction and timing of assessment. *J Pain* 2008;9:806-12.
25. Stutts LA, Hirsh AT, George SZ, Robinson ME. Investigating patient characteristics on pain assessment using virtual human technology. *Eur J Pain* 2010;14:1040-5.
26. Zhang L, Losin EAR, Ashar YK, Koban L, Wager TD. Gender biases in estimation of others' pain. *J Pain* 2021;22:1048-59.
27. Kappesser J, de C Williams AC. Pain and negative emotions in the face: judgements by health care professionals. *Pain* 2002;99:197-206.
28. Kunz M, Peter J, Huster S, Lautenbacher S. Pain and disgust: the facial signaling of two aversive bodily experiences. *PLoS One* 2013;8:e83277.
29. Missana M, Grigutsch M, Grossmann T. Developmental and individual differences in the neural processing of dynamic expressions of pain and anger. *PLoS One* 2014;9:e93728.
30. Leiner DJ. SoSci survey version 3.1. 06: Computer Software; 2019. Available from: <https://www.sosci survey.de> (located in Munich).
31. Ekman P, Friesen WV. The facial action coding system. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist's Press; 1978.
32. Kunz M, Prkachin K, Solomon PE, Lautenbacher S. Faces of clinical pain: inter-individual facial activity patterns in shoulder pain patients. *Eur J Pain* 2021;25:529-40.
33. Bradley MM, Lang PJ. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *J Behav Ther Exp Psychiatr* 1994;25:49-59.
34. Treiblmaier H, editor. Benefits from using continuous rating scales in online survey research. In: International Conference on Information Systems. Shanghai, China; 2011.
35. Lück D. Mängel im datensatz beseitigen. In: Datenanalyse mit SPSS für Fortgeschrittene 1. Basel: Springer; 2011:66-80 pp.
36. Wagner-Schelewsky P, Hering L. Online-Befragung. In: Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer; 2019:787-800 pp.
37. Azizi F, Ghasemi R, Ardalan M. Two common mistakes in applying ANOVA test. *Guide for Biological Researchers*. Basel: Preprints 2022, 2022070082; 2022. <https://doi.org/10.20944/preprints202207.0082.v1>
38. Green DM, Swets JA. Signal detection theory and psychophysics. New York: Wiley; 1966.
39. Macmillan NA, Creelman CD. Triangles in ROC space: history and theory of "nonparametric" measures of sensitivity and response bias. *Psychonomic Bull Rev* 1996;3:164-70.
40. Hautus MJ, Macmillan NA, Creelman CD. Detection theory: a user's guide. London: Routledge; 2021.
41. Wandner LD, Scipio CD, Hirsh AT, Torres CA, Robinson ME. The perception of pain in others: how gender, race, and age influence pain expectations. *J Pain* 2012;13:220-7.
42. Robinson ME, Wise EA. Prior pain experience: influence on the observation of experimental pain in men and women. *J Pain* 2004;5: 264-9.
43. Alqudah AF, Hirsh AT, Stutts LA, Scipio CD, Robinson ME. Sex and race differences in rating others' pain, pain-related negative mood, pain coping, and recommending medical help. *J Cyber Ther Rehabil* 2010;3:63-70.
44. Schäfer G, Prkachin KM, Kaseweter KA, de C Williams AC. Health care providers' judgments in chronic pain: the influence of gender and trustworthiness. *Pain* 2016;157:1618-25.
45. Keogh E. The gender context of pain. *Health Psychol Rev* 2021;15: 454-81.
46. Keogh E. Sex and gender as social-contextual factors in pain. In: Social and interpersonal dynamics in pain. Cham, Switzerland: Springer; 2018:433-53 pp.
47. Schwartz GE, Brown SL, Ahern GL. Facial muscle patterning and subjective experience during affective imagery: sex differences. *Psychophysiology* 1980;17:75-82.
48. Samulowicz A, Gremyr I, Eriksson E, Hensing G. "Brave men" and "emotional women": a theory-guided literature review on gender bias in health care and gendered norms towards patients with chronic pain. *Pain Res Manag* 2018;2018:1-14.
49. Keogh E, Boerner KE. Exploring the relationship between male norm beliefs, pain-related beliefs and behaviours: an online questionnaire study. *Eur J Pain* 2020;24:423-34.
50. Wesolowicz DM, Clark JF, Boissoneault J, Robinson ME. The roles of gender and profession on gender role expectations of pain in health care professionals. *J Pain Res* 2018;11:1121.
51. Chen EH, Shofer FS, Dean AJ, Hollander JE, Baxt WG, Robey JL, et al. Gender disparity in analgesic treatment of emergency department patients with acute abdominal pain. *Acad Emerg Med* 2008;15:414-8.
52. Michael GE, Sporer KA, Youngblood GM. Women are less likely than men to receive prehospital analgesia for isolated extremity injuries. *Am J Emerg Med* 2007;25:901-6.
53. Hess U, Adams RB Jr., Kleck RE. Facial appearance, gender, and emotion expression. *Emotion* 2004;4:378.
54. Harris DA, Hayes-Skelton SA, Ciaramitaro VM. What's in a face? How face gender and current affect influence perceived emotion. *Front Psychol* 2016;7:1468.
55. Kunz M, Meixner D, Lautenbacher S. Facial muscle movements encoding pain—a systematic review. *Pain* 2019;160: 535-49.
56. Hoffmann H, Kessler H, Eppel T, Rukavina S, Traue HC. Expression intensity, gender and facial emotion recognition: women recognize only subtle facial emotions better than men. *Acta Psychol* 2010;135:278-83.
57. Hall JA, Matsumoto D. Gender differences in judgments of multiple emotions from facial expressions. *Emotion* 2004;4:201.

9.2 Anhang 2: Studie II

Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2024). Vicarious facilitation of facial responses to pain. *European Journal of Pain*, 28(1), 133-143.

Open Access (CC BY-NC 4.0) DOI:

10.1002/ejp.2169

Vicarious facilitation of facial responses to pain

Peter J. Göller^{1,2} | Philipp Reicherts¹ | Stefan Lautenbacher² | Miriam Kunz¹

¹Medical Psychology and Sociology, Medical Faculty, University of Augsburg, Augsburg, Germany

²Bamberger LivingLab Dementia (BamLiD), University of Bamberg, Bamberg, Germany

Correspondence

Peter J. Göller, Department of Medical Psychology and Sociology, Medical Faculty, University of Augsburg, Universitätsstraße 2, 86159 Augsburg, Germany.

Email: peter.goeller@med.uni-augsburg.de

Abstract

Introduction: Observing facial expressions of pain has been shown to lead to increased subjective, neural and autonomic pain responses. Surprisingly, these vicarious facilitation effects on its corresponding response channel, namely facial responses to pain have mostly been neglected. We aim to examine whether the prior exposure to facial expressions of pain leads to a facilitation of facial responses to experimental pain; and whether this facilitation is linked to the valence (pain vs. neutral expression) or also linked to specific motor-features of the facial pain expressions (different facial muscle movements).

Method: Subjective (intensity and unpleasantness ratings) and facial responses (Facial Action Coding System) of 64 participants (34 female) to painful and non-painful heat stimuli were assessed. Before each heat stimulus, video clips of computer-generated facial expressions (three different pain expressions and a neutral expression) were presented.

Results: The prior exposure to facial expressions of pain led to increased subjective and facial responses to pain. Further, vicarious pain facilitation of facial responses was significantly correlated with facilitation of unpleasantness ratings. We also found evidence that this vicarious facilitation of facial responses was not only linked to the presentation of pain versus neutral expressions but also to specific motor-features of the pain cue (increase in congruent facial muscle movements). **Discussion:** Vicarious pain facilitation was found for subjective and facial responses to pain. The results are discussed with reference to the motivational priming hypothesis as well as with reference to motor priming.

Significance: Our study uncovers evidence that facial pain responses are not only influenced by motivational priming (similar to other types of pain responses), but also by motor-priming. These findings shed light on the complexity - ranging from social, affective and motor mechanisms - underlying vicarious facilitation of pain.

1 | INTRODUCTION

Facial communication of pain plays an important role in social communication and in clinical context (Kunz et al., 2019). It has been shown that observing another

person in pain (e.g. videos of facial expressions of pain) results in increased subsequent pain responses in the observers. This vicarious facilitation could be shown for a variety of pain responses, including subjective, autonomic (Williams & Rhudy, 2009), motor (Mailhot

This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

© 2023 The Authors. *European Journal of Pain* published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of European Pain Federation - EFIC®.

et al., 2012; Vachon-Preseu et al., 2011) and neural responses (Khatibi et al., 2014; Khatibi et al., 2023; Weiss et al., 2003; Xiang et al., 2018) to experimental pain. It has been suggested that the vicarious facilitation of pain responses might partly be explained with the motivational priming theory, which postulates that the display of a negative prime (e.g. observing facial expressions of pain) activates the aversive system, which leads to elevated processing of congruent stimuli (e.g. increased responses to pain) (Lang, 1995). Although facial expressions of pain have often been used as affective visual stimuli (primes) (Botvinick et al., 2005; Chiesa et al., 2015; Yamada & Decety, 2009), it is surprising that the corresponding response channel, namely facial responses to pain have mostly been neglected (Reichert et al., 2013). Although facial responses to pain are mainly automatic/reflexive responses (Craig et al., 2010), they are also highly susceptible to social (Kappesser, 2019; Karmann et al., 2014; Kunz et al., 2018) and affective (Basten-Günther et al., 2021; Lautenbacher et al., 2017) influences. Thus, it seems reasonable that facial responses are also susceptible to vicarious pain facilitation.

Investigating vicarious pain facilitation of facial responses to pain is especially interesting because it allows us to not only investigate how facial responses are affected by the valence of the preceding pain cue (facial expression of pain) but also by its motor-features. Facial expressions of pain do not represent a uniform set of facial responses, but there are at least three variations, being composed of different motor-features (Kunz et al., 2021; Kunz & Lautenbacher, 2014): (1) narrowed eyes with furrowed brows and upper lip raise, (2) opened mouth with narrowed eyes and (3) furrowed brows with narrowed eyes. This variability in motor-features, allows us to investigate motor-associated priming. Motor priming refers to the phenomena that observed motor-behaviour activates an equivalent internal motor-representation (Iacoboni et al., 1999), which facilitates the corresponding motor-behaviour in the observer (Decety & Jackson, 2004). In our study, we used computer-generated avatars displaying the three variations of facial expressions of pain (Kunz & Lautenbacher, 2014) to ensure highly controllable stimuli that are not confounded by age, attractiveness and the intensity of the expression. The stimuli were validated in previous studies showing that they are perceived as valid pain faces by observers (Göller et al., 2023; Meister et al., 2021).

The aim of our study was to examine whether the prior exposure to variations of facial expressions of pain leads to increased pain ratings and most importantly to a facilitation of facial responses to experimental pain; and whether this facilitation is mainly linked to the valence of the priming stimulus (pain vs. neutral expression) or also modulated by its motor-features (facilitation of corresponding facial muscle responses).

2 | METHOD

2.1 | Participants

Overall, 64 participants (34 female; mean age: 22.7 years) were recruited via e-mail at the University of Augsburg. The sample included mostly students who received course credit for participating. All participants provided written informed consent. The study protocol was approved by the ethics committee of the University of Bamberg (#2020-11/34).

2.2 | Procedure

The experiment took around 60 min. First, the thermal pain threshold was determined. Then participants were seated alone in front of a screen and observed videos of avatars displaying facial expressions of pain or a neutral expression prior to receiving painful and non-painful thermal stimuli. The facial expression of the participants in response to these thermal stimuli was recorded via video for offline data analyses. Participants were asked to rate the pain intensity and unpleasantness of each thermal stimulus.

2.3 | Pain stimulation

At the beginning of the experiment, we introduced the participants to the TSA II [Peltier-based contact heat stimulation device (TSA-2001, (Medoc) with a 30 × 30 mm contact thermode] and the thermode was attached to the outside of the left lower leg with an elastic bandage.

To ensure that temperature intensities were perceived as moderately painful by the participants (to prevent floor as well as ceiling effects), temperature intensities were tailored to the individual pain threshold. Thus, heat pain thresholds were determined first, using the method of adjustment. Participants were asked to adjust the temperature of the thermode starting from 38°C using heating and cooling buttons (the right button on the mouse was the designated cooling button and the left button was the heating button), until they obtained a level that was perceived as barely painful. A constant press of the buttons produced a heating or cooling rate of 0.5°C/s. Following a familiarization trial, the average of four consecutive trials was used to constitute the pain threshold.

Following the assessment of pain threshold, phasic heat stimuli (trapezoid form, 5 s [plateau]; ramp-up and down: 4°C/s; baseline temperature: 38°C) were applied to the left lower leg. Two different stimulus intensities were applied, painful (+3°C above the pain threshold) and non-painful (-1°C below the pain threshold) intensities.

There were 48 quasi-randomized heat stimuli (32 painful, 16 non-painful) split up in 3 blocks (18/18/12 trials). Before each block, the position of the thermode was changed to a new patch of skin on the lower leg to prevent sensitization.

2.4 | Facial expression stimuli

The faces of the avatars were modelled with the software FaceGen Modeller Core 3.5 (Version of 2019). The used avatars had different hairstyles and different skin colours, to make them as realistic as possible. The videos of different dynamic facial expressions were created with the software FACSGen3 (Version of 2019), for which Krumhuber et al. (2012) and Roesch et al. (2011) have demonstrated that it produces emotionally valid and reliable facial expressions. Here, we used three different variations of facial expressions of pain and a neutral expression, which have been shown to validly convey pain and neutral expressions, respectively (Göller et al., 2023; Meister et al., 2021). The three different variations in facial expressions of pain were: (1) narrowed eyes in combination with furrowed brows and upper lip raise, (2) opened mouth in combination with narrowed eyes and (3) furrowed brows in combination with narrowed eyes (Kunz & Lautenbacher, 2014). One male and one female avatar were animated, with identical facial activity patterns.

Each video had a duration of 5000 ms (resting state 1500 ms, unfolding of the expression for 1000 ms, full expression for 500 ms, decline again for another 1000 ms, and another resting state for 1000 ms). Each trial started with the appearance of a fixation cross (white cross on a black background) for 10 s. The videos started 1500 ms before the heat stimulation and overlapped with the ramp-up of the heat stimulation (see Figure 1). The videos were presented using the software Presentation (Neurobehavioral Systems, Version 21.1; Build 09.05.19). Altogether, 48 videos, 36 depicting facial expressions of pain (18 × male, 18 × female) and 12 showing neutral facial expressions (6 × male, 6 × female), were presented

in quasi-randomized order, balanced across non-painful ($N = 16$ (pain: 6♂/6♀; neutral: 2♂/2♀)) and painful heat stimuli ($N = 32$ (pain: 12♂/12♀; neutral: 4♂/4♀)).

2.5 | Pain ratings

After each heat stimulus, participants were asked to rate the intensity and unpleasantness of pain via visual analogue scales (VAS). The pain intensity scale reached from “no pain” to “extremely strong pain” and the pain unpleasantness scale reached from “no pain” to “extremely strong unpleasantness.” The two scales, each divided in 100 steps, appeared together on the computer screen and participants moved a slider to indicate their ratings. To familiarize subjects with the rating procedure, one practice trial was conducted. For statistical analyses, VAS ratings were averaged across non-painful stimuli and painful stimuli, respectively.

2.6 | Facial responses to pain

Participants' faces were videotaped throughout the whole experiment using a camera located approximately 2 m in front of the participant to allow for a frontal view. To enable the offline segmentation a sound trigger (not audible to the participant) marked the start and end of each heat stimulus. To ensure that the face would always be upright and in a frontal view during stimulation, participants were asked to avoid movements and to look at the computer screen. Participants were also instructed to avoid talking during the experiment.

Facial expressions were coded from the video recordings using the Facial Action Coding System (FACS) (Ekman & Friesen, 1978), which is based on an anatomical analysis of facial movements and distinguishes 44 different “Action Units” (AUs) produced by single muscles or combinations of muscles. A certified FACS coder (qualified by passing an examination given by the developers of the system) who was blind to the experimental

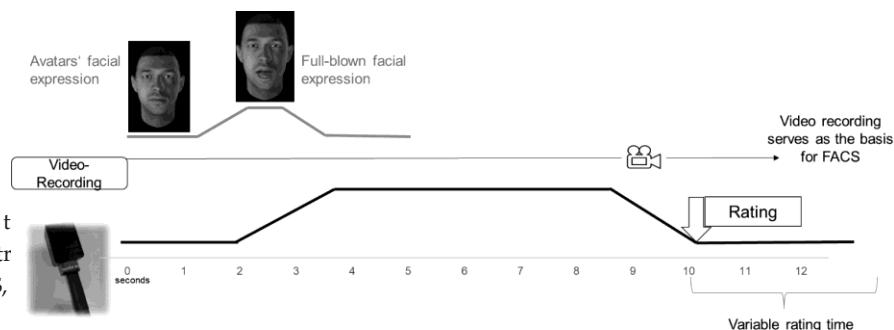


FIGURE 1 Exemplary representation of a trial. In total, 2×18 trials with painful heat + 1×12 trials with non-painful heat were presented. FACS, Facial Action Coding System.

conditions identified the frequency and the intensity (five-point scale) of the different AUs. Software designed for the analysis of observational data (Observer Video-Pro; Noldus Information Technology, Netherlands) was used to segment the videos and to enter the FACS codes into a time-related database.

Segments of 7 s beginning just after the stimulus had reached the target temperature were selected for scoring. In total, 48 segments of heat stimulation (16 non-painful and 32 painful segments) were analysed for each participant. For the purpose of necessary data reduction, AUs that represent similar facial movements were combined, as has been performed in previous studies without any loss of information (Kunz et al., 2008; Kunz, Faltermeier, & Lautenbacher, 2012). Those combinations include AUs 6_7, 9_10 and 25_26_27. In order to determine interrater reliability, five percent of the video segments, including facial responses to both painful and non-painful stimuli were coded by a second certified observer also blinded to the experimental conditions. Interrater reliability was calculated using the Ekman–Friesen formula (Ekman & Friesen, 1978). Interrater reliability was $r = 0.79$, which compares favourably with other research in the FACS literature (Karmann et al., 2015; Priebe et al., 2015). For further analyses, we focused on those AUs that have been described to be pain relevant in a previous review article (Kunz et al., 2019), namely AU4, AU6_7, AU9_10 and AU25_26_27. AU-frequency (sum score across stimuli) and AU-intensity (mean score across stimuli) values of these pain relevant AUs were multiplied to form product terms.

2.7 | Statistical analysis

Self-report ratings: (1.i) To investigate whether the pain cues in general compared to neutral expression (dichotomous content of the pain cue) affected self-report ratings, mean pain intensity and unpleasantness ratings were analysed using multivariate repeated measure MANOVAs including the within-subject factors “dichotomous expression” (neutral, pain expression) and “intensity of stimulus” (non-painful vs. painful heat intensities). (1.ii) To further investigate, whether the three variations of pain cues (three facial pain expressions) had a different effect on intensity and unpleasantness ratings of pain, a repeated measure MANOVA was computed again, this time differentiating between the “variations of avatars' facial expression of pain” (4 levels: neutral, pain variation 1, pain variation 2, pain variation 3) as a within-subject factor.

Facial responses: (2.i) To investigate whether the pain cues in general compared to neutral expression

(dichotomous content of the pain cue) affected facial responses, all pain relevant AUs were entered into multivariate repeated measures MANOVAs including the within-subject factors “dichotomous expression” (neutral, pain expression) and “intensity of stimulus” (non-painful vs. painful heat intensities). (2.ii) To further investigate, whether the three variations of pain cues (three facial pain expressions) had a different effect on facial responses to pain, a repeated measure MANOVA was computed again, this time differentiating between the “variations of avatars' facial expression of pain” (4 levels: neutral, pain variation 1, pain variation 2, pain variation 3) as a within subject factor. As outcome variable we only included those pain relevant AUs that showed a significant difference in 2.i (dichotomous comparison neutral vs. pain).

Vicarious modification of subjective and of facial responses: are both correlated? As a last step, we wanted to investigate the relation between the amount of change caused by the dichotomous content of avatars' expression (neutral vs. pain expression) in pain ratings and in facial responses. To do this, difference scores (trials of avatars' neutral vs. pain expression) were calculated for pain intensity and pain unpleasantness ratings as well as for those pain relevant AUs that showed a significant difference in “2.i.” These difference scores were then entered into regression analyses (AUs were entered as predictors, and self-report were entered as criteria).

Post-hoc tests for single comparisons were Bonferroni-adjusted. Significance was assumed at an alpha level ≤ 0.05 . Data were analysed using SPSS (version 28.0).

3 | RESULTS

3.1 | Self-report ratings

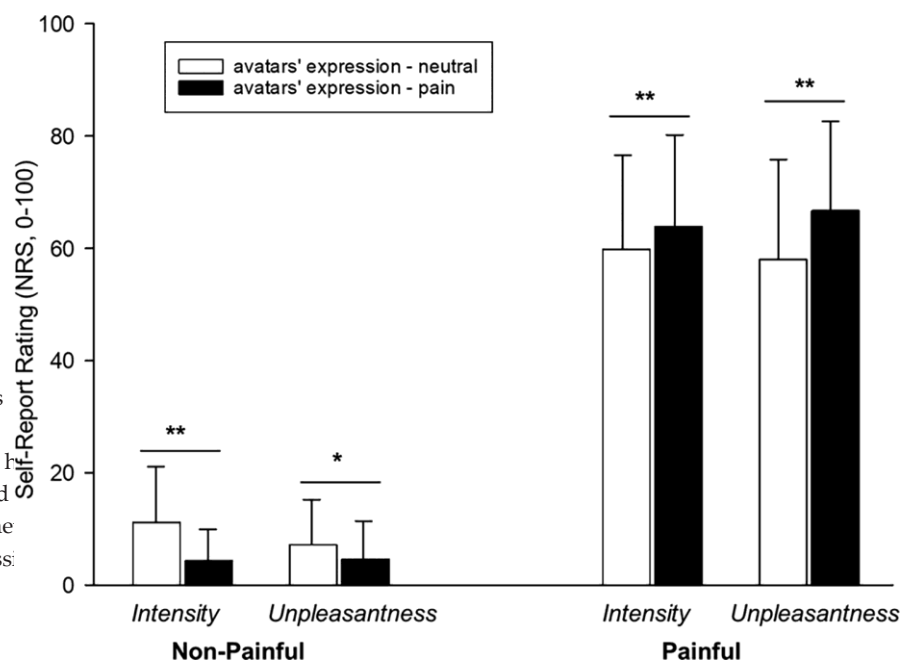
Dichotomous expression (pain vs. neutral) (1i): The MANOVA showed a significant main effect of the “intensity of stimulus” (non-painful vs. painful heat intensities) ($F(2, 62) = 467.56, p < 0.001$) and a significant main effect for the factor “dichotomous expression” (pain vs. neutral) ($F(2, 62) = 22.28, p < 0.001$). There was also a significant interaction of “intensity of stimulus” and “dichotomous expression” ($F(2, 62) = 58.01, p < 0.001$). Because of the significant interaction effect, we conducted separate MANOVAs for painful and non-painful heat stimuli. For non-painful heat, the MANOVA showed a main effect for the factor “dichotomous expression” (pain vs. neutral) ($F(2, 62) = 38.29, p < 0.001$). As univariate outcomes showed, both intensity ($F(1, 63) = 66.06, p < 0.001$) as well as unpleasantness ratings ($F(1, 63) = 6.86, p = 0.011$) for

the non-painful stimuli significantly decreased when participants viewed an avatars' facial expression of pain compared to a neutral expression (see Figure 2). For painful heat, the MANOVA also showed a main effect for the factor "dichotomous expression" (pain vs. neutral) ($F(2, 62) = 42.06, p < 0.001$). As can be seen in Figure 2, viewing an avatars' facial expression of pain resulted in higher pain intensity ($F(1, 63) = 34.14, p < 0.001$) as well as unpleasantness ratings ($F(1, 63) = 84.18, p < 0.001$) compared to viewing a neutral expression. Hence, viewing an avatars' facial expression of pain led to reduced pain ratings for non-painful heat and to higher pain ratings for painful heat (thus, the significant interaction effect between "intensity of stimulus" and "dichotomous expression").

Variations of avatars' facial expression of pain: The MANOVA investigating whether the three variations in the avatars' facial expressions of pain had a different effect on how participants rated the painful stimuli showed a significant main effect ($F(6, 378) = 16.10, p < 0.001$). As univariate outcomes showed, both intensity ($F(3, 189) = 12.10, p < 0.001$) and unpleasantness ($F(3, 189) = 41.07, p < 0.001$) were significantly affected by the within-subject factor "variations of avatars' facial expression of pain." Bonferroni corrected post-hoc tests were computed for simple comparisons and the results are displayed in Figure 3. As can be seen in Figure 3, especially avatar's pain expression variation 1 and 3 led to significantly increase in pain intensity ratings compared to viewing a neutral expression. With regard to unpleasantness ratings, all three variations of avatars' facial expression of pain led to higher ratings compared to viewing a neutral expression.

3.2 | Facial responses

Dichotomous expression (pain vs. neutral) (2i): The MANOVA showed a significant main effect of the "intensity of stimulus" (non-painful vs. painful heat intensities) ($F(1, 63) = 55.55, p < 0.001$) and a significant main effect for the factor "dichotomous expression" (pain vs. neutral) ($F(1, 63) = 4.76, p = 0.033$). There was also a significant interaction of "intensity of stimulus" and "dichotomous expression" ($F(1, 63) = 12.06, p < 0.001$). Because of the significant interaction effect, we conducted separate MANOVAs for painful and non-painful heat stimuli. For non-painful heat, the MANOVA showed no significant main effect for the factor "dichotomous expression" (pain vs. neutral) on facial responses to non-painful heat ($F(4, 60) = 1.04, p = 0.392$). In contrast, facial responses to painful heat were significantly affected by the factor "dichotomous expression" (pain vs. neutral) ($F(4, 60) = 2.56, p = 0.048$). As can be seen in Figure 4, prior exposure to facial expressions of pain resulted in significantly higher facial responses; including increased contraction of the eyebrows (AU4: $F(1, 63) = 8.53, p = 0.005$), increased contraction of the muscles surrounding the eyes (AU6_7: $F(1, 63) = 8.38, p = 0.005$) as well as increased upper lip raise (AU9_10: $F(1, 63) = 5.62, p = 0.021$), compared to viewing a neutral expression. Only the opening of the mouth in response to painful heat was not affected by the "dichotomous expression" (AU25_26_27: $F(1, 63) = 0.541, p = 0.465$). Hence, viewing an avatars' facial expression of pain did not change facial responses to non-painful heat but led to higher facial responses to painful heat (thus, the significant interaction effect between "intensity of stimulus" and "dichotomous expression").



Ratings are presented separately for the two intensities (painful and non-painful heat) and separately for trials with prior exposure to a neutral or a painful expression (dichotomous expression: * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$; SD, standard deviation).

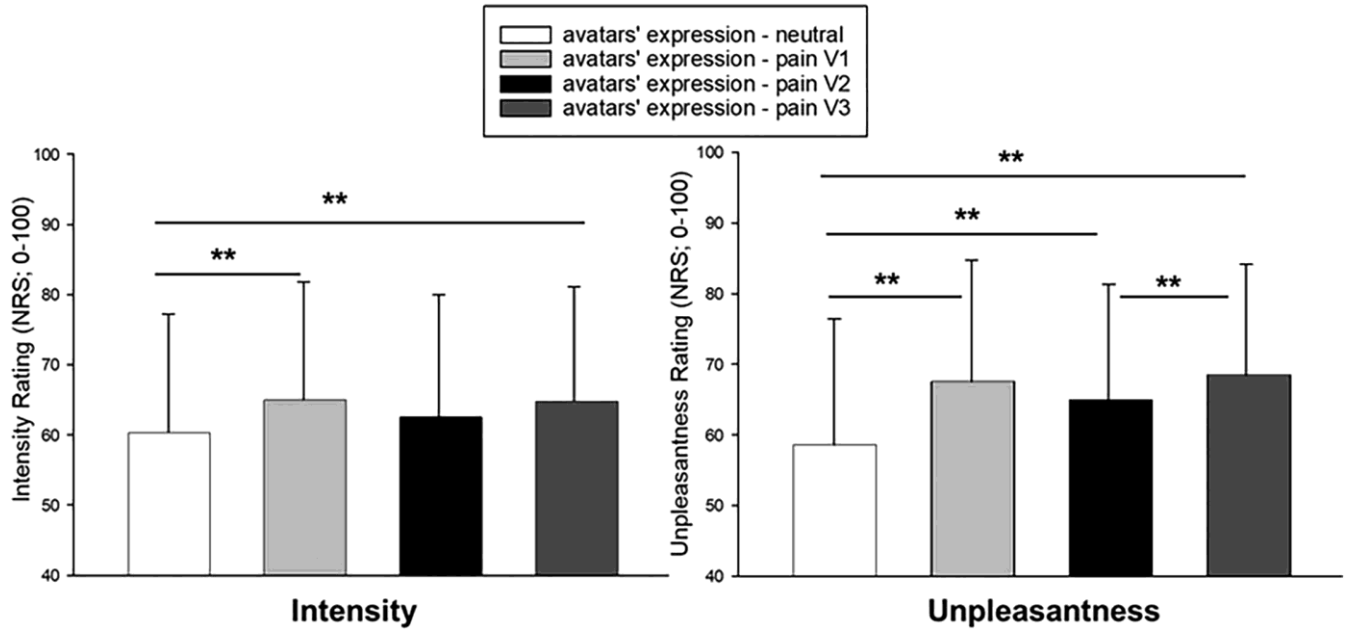


FIGURE 3 Effect of “variations of avatars’ facial expression of pain” on intensity (left) and unpleasantness (right) ratings (mean, SD) to painful heat stimulation. Ratings are presented separately for trials with prior exposure to the variations of avatars’ facial expression of pain (neutral expression, variation 1, 2, 3 of pain expressions). * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$; SD, standard deviation.

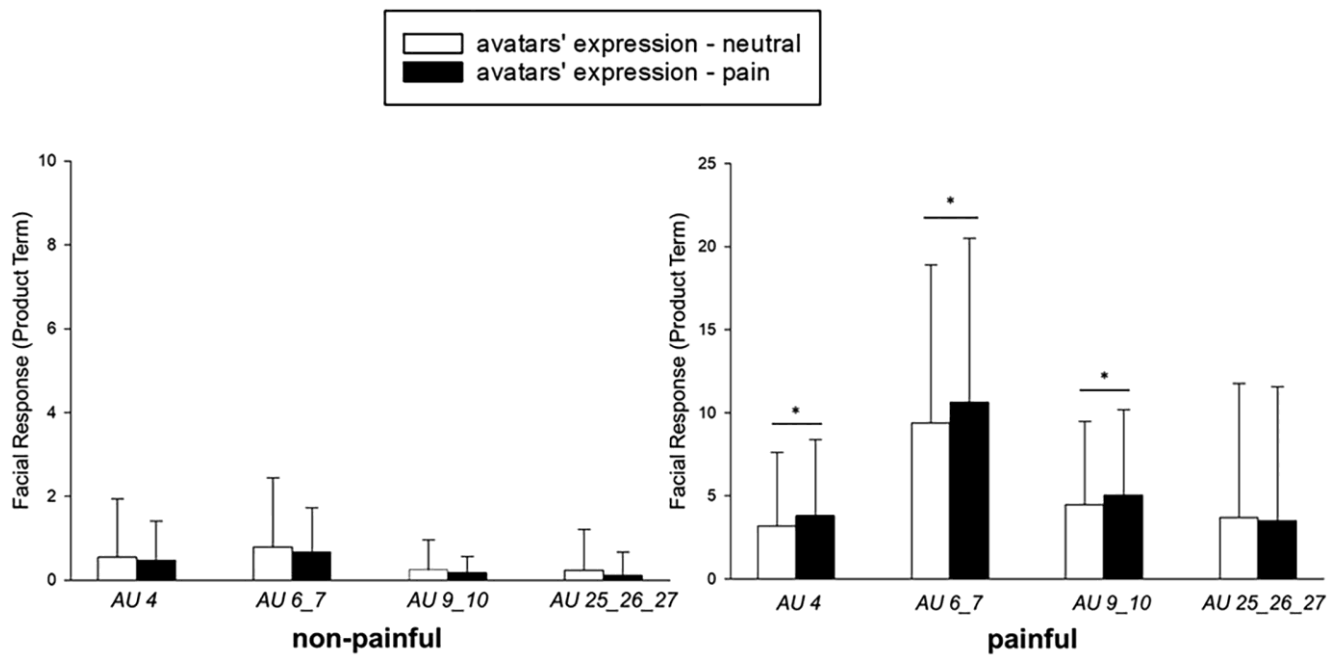


FIGURE 4 Effect of “dichotomous expression” on facial responses (pain-relevant AUs mean, SD) to non-painful (left) and painful (right) heat stimulation. Facial responses are presented separately for trials with prior exposure to a neutral or a painful expression (dichotomous expression). * $p < 0.05$; AUs, Action Units; SD, standard deviation.

Variations of avatars’ facial expression of pain (2ii): The MANOVA investigating whether the three variations in the avatars’ facial expressions of pain had a different effect on how participants facially responded to the painful heat stimuli showed a significant main effect ($F(12, 564) = 2.75, p = 0.001$). For this analysis, we included those pain

relevant AUs (AU4, AU6_7, AU9_10, AU25_26_27). As univariate outcomes showed, for the three AUs, namely AU4 ($F(3, 189) = 6.96, p < 0.001$), AU6_7 ($F(3, 189) = 5.32, p = 0.002$) and AU9_10 ($F(3, 189) = 5.47, p = 0.001$) were significantly affected by the within-subject factor “variations of avatars’ facial expression of pain.” AU25_26_27

was not significantly affected ($F(3, 189) = 1.55, p = 0.202$). Bonferroni corrected post-hoc tests were computed for simple comparisons and the results are displayed in Figure 5. With regard to AU4, it was especially variation 3 (furrowed brows in combination with narrowed eyes) that led to an increase in contraction of the eyebrows. With regard to AU6_7, it was especially variation 1 (narrowed eyes in combination with furrowed brows and upper lip raise) and variation 3 (furrowed brows in combination with narrowed eyes) that led to an increase in the muscles for the upper lip raise. In summary, variation 1 and variation 3 led to a partially congruent increase in facial responses of the participants,

raise) that led to an increase in contraction of the muscles surrounding the eyes. With regard to AU9_10, it was especially variation 1 (narrowed eyes in combination with furrowed brows and upper lip raise) and variation 3 (furrowed brows in combination with narrowed eyes) that led to an increase in the muscles for the upper lip raise. In summary, variation 1 and variation 3 led to a partially congruent increase in facial responses of the participants,

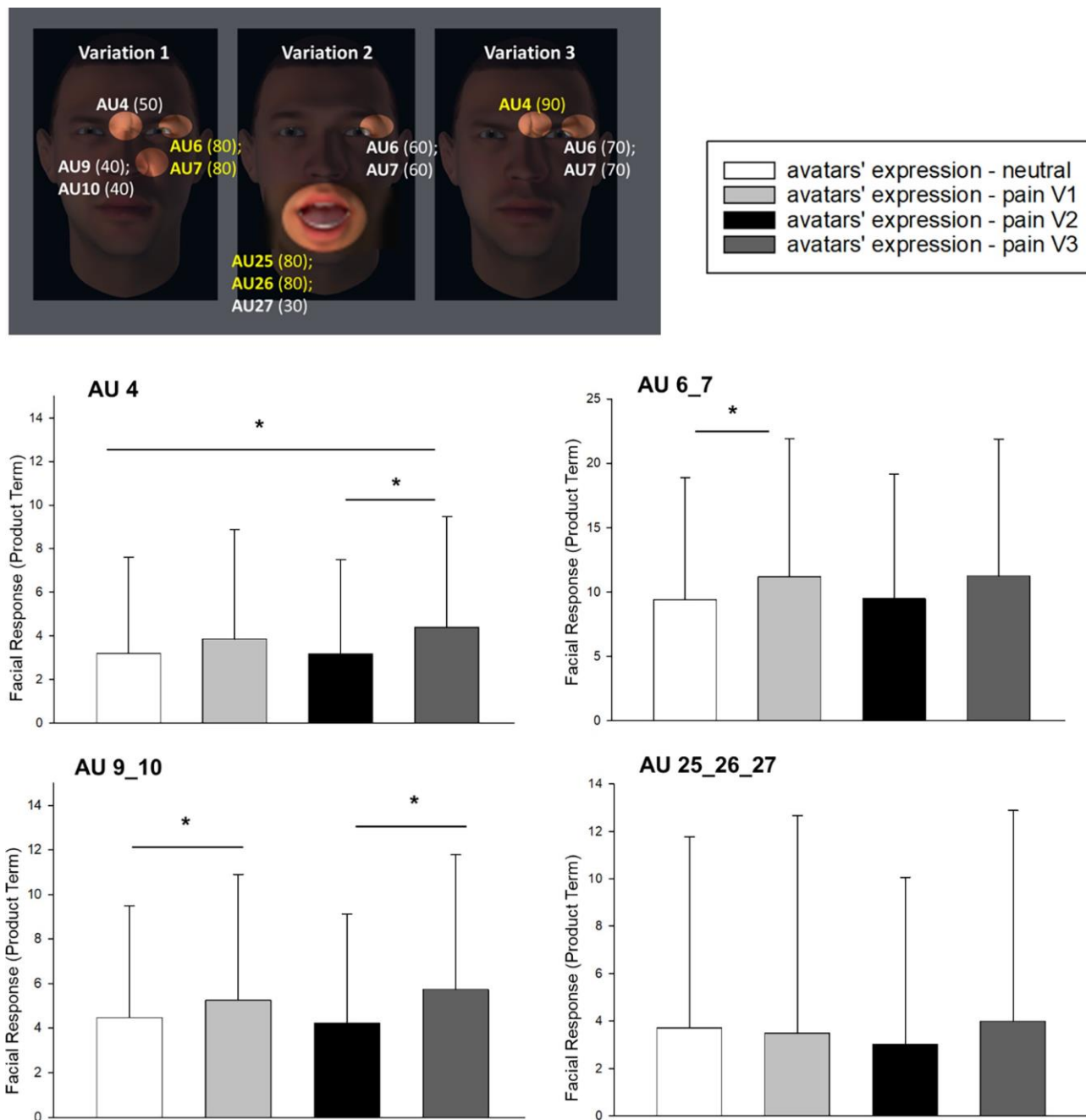


FIGURE 5 Effect of “variations of avatars' facial expression of pain” on facial responses (mean, SD) to painful heat stimulation. Facial responses are presented separately for trials with prior exposure to the variations of avatars' facial expression of pain (neutral expression, variation 1, 2, 3 of pain expressions). * $p < 0.05$; SD, standard deviation. The AUs of each of the three variations in pain expressions are displayed on the upper right. Here, the AU with the highest intensity per variation is marked in yellow.

whereas variation 2 of the avatars' facial expression did not lead to noticeable changes in how participants facially responded to the painful heat stimuli.

Vicarious modification of subjective and of facial responses: are both related? As a last step, the relation between the amount of change caused by the "Dichotomous expression" (neutral vs. pain) in self-report ratings and in facial responses (AU4, AU6_7, AU9_10) was investigated. AU25_26_27 was excluded because it showed no significant change between pain and neutral facial expression. Regression analyses (AUs entered as predictors) were conducted separately for pain intensity and unpleasantness ratings. Changes in facial responses could not significantly predict changes in pain intensity ratings ($R^2 = 0.008$, $F(3, 63) = 0.164$, $p = 0.920$). In contrast, we did find a significant association between changes in facial responses and changes in pain unpleasantness ratings ($R^2 = 0.15$, $F(3, 63) = 3.54$, $p = 0.020$). The more facial responses increased after prior exposure to a pain expression the more unpleasant were the painful-heat stimuli rated.

4 | DISCUSSION

The aim of our study was to examine whether the prior exposure to variations of facial expressions of pain leads to a facilitation of facial responses to experimental pain; and whether this vicarious facilitation is only linked to the valence of the "priming" stimulus (pain vs. neutral facial expression) or also linked to its motor-features (facilitation of congruent facial muscle responses). Our findings showed that the prior exposure to an avatar's facial expression of pain increases facial responses to pain, which is in line with motivational priming of pain. Moreover, we found that the three variations of the avatars' expression of pain had different effects on participants' facial responses to pain, with some indication for motor priming. We will discuss these findings in detail below.

4.1 | Facial responses

The prior exposure to avatars' facial expressions of pain had no effect on facial responses to non-painful heat but led to significantly increased facial responses to painful heat. Participants responded with increased "contraction of the eyebrows" (AU4), increased "contraction of the muscles surrounding the eyes" (AU6_7) and increased "upper lip raise/nose wrinkle" (AU9_10) to painful stimulation when the stimulation was preceded by a pain expression. Only the "opening of the mouth" (AU25_26_27) was not affected by the avatars' expression. These results are well in line with the motivational priming theory (Lang, 1995). The prior

exposure to facial expressions of pain might have induced a negative affective state, which has in turn facilitated facial responsiveness to painful stimulation in the observer. To our knowledge, there are only a few studies investigating priming effects on facial responses (Mailhot et al., 2012; Reicherts et al., 2013). Mailhot and colleagues, for example, investigated whether the prior exposure to facial expressions of pain leads to increased corrugator activity (via electromyography (EMG)) in response to electrical pain. In agreement with our study, they also found that corrugator activity was increased due to priming using pain expressions. Thus, one of our main findings is that facial responses are also susceptible to priming effects, as has been shown for other types of pain responses like self-report ratings, evoked potentials (Avenanti et al., 2010; Fan & Han, 2008; Han et al., 2009; Kirwilliam & Derbyshire, 2008; Meagher et al., 2001; Wieser et al., 2014; Yamada & Decety, 2009) as well as pain-reflexes (Khatibi et al., 2014; Mailhot et al., 2012; Vachon-Pressseau et al., 2012). Given the variability of facial expressions of pain, we did not only use one type of facial expression but presented participants with three variations found in the literature (Kunz et al., 2019; Kunz & Lautenbacher, 2014). In a previous study of ours, we could show that observers judged these three variations to express a similar amount of pain (Meister et al., 2021). Thus, the three variations mainly differ with regard to their composition of facial movements (AUs) but less so regarding the affective content (pain intensity). Therefore, using these three variations allowed us to investigate whether priming effects on facial responses also depend on the perception of specific facial motor-movements (motor-associated priming (Castiello et al., 2002)) besides the affective content of the stimuli (motivational priming). Looking at the specific facial motor-movements displayed by the avatars, there is always one AU per variation that is displayed with the highest intensity (these are marked in yellow in Figure 5). AU4 "contraction of the eyebrows" for example is displayed with greatest intensity in variation 3. Thus, if facial responses are also affected by motor priming, we should find that especially the prior exposure to variation 3 should result in an increase of AU4 in response to pain. In line with this assumption, we found that only the prior exposure to variations 3 led to significantly increased "contraction of the eyebrows" compared to neutral expression, whereas variation 1 and 2 did not lead to a significant increase. As for "contraction of muscles surrounding the eyes" (AU6_7), this AU was present in all variations, although most pronounced in variation 1. Interestingly, only the prior exposure to variation 1 led to a significant increase in AU6_7 in response to pain, whereas variation 2 and 3 did not differ from prior exposure to neutral expression. As for "upper lip raise/nose wrinkle" (AU9_10) we again found evidence for motor priming. This AU was only present in variation 1 and participants only showed a significant increase in AU9_10

when being priorly exposed to variation 1 compared to neutral expression. In contrast, variation 2 and 3 did not lead to a significant increase in AU9_10 compared to neutral expression. In case of variation 3, participants displayed AU9_10 more strongly compared to prior exposure to variation 2, although AU9_10 is not present in any of the two variations. As for “opening of the mouth” (AU25_26_27), no indication for motor priming was found. In conclusion, we found some evidence for motor priming when looking at facial responses to pain, similarly to motor priming effects found for other types of behaviour (Castiello et al., 2002; Stoykov & Madhavan, 2015). However, more research is needed in order to disentangle motivational priming from motor priming with regard to facial responses to pain.

4.2 | Ratings

We found that prior exposure to facial expressions of pain leads to increased intensity and unpleasantness ratings to painful heat, compared to a prior exposure to a neutral expression. No vicarious facilitation was found for ratings to non-painful heat. These findings are consistent with the current literature on vicarious facilitation of self-report ratings, showing that pain ratings are susceptible to motivational priming effects (Fan & Han, 2008; Han et al., 2009; Ibáñez et al., 2011; Reicherts et al., 2013; Wieser et al., 2014; Yamada & Decety, 2009). We also investigated whether the vicarious facilitation of pain ratings differ between the three types of facial expression of pain (variation 1, 2, 3). Especially the prior exposure to variation 1 and 3 led to increased intensity and unpleasantness ratings to pain. A possible reason for this could be that variation 1 and 3 include AUs being closely linked to negative affective states; namely “contraction of the eyebrows” (AU4) and “upper lip raise/nose wrinkle” (AU9_10), which are often displayed in the context of disgust and anger (Kappesser & de C Williams, 2002; Kunz et al., 2013; Kunz et al., 2019; Kunz et al., 2021; Simon et al., 2008). Thus, variation 1 and 3 might have activated the negative affective system to a greater degree than variation 2, resulting in increased intensity and unpleasantness ratings.

4.3 | Relation between vicarious facilitation of the two pain response systems

We found a significant association between changes (pain vs. neutral expressions) in facial responses and changes in pain unpleasantness ratings. Thus, the more facial responses increased due to viewing an avatars' facial expression of pain the more unpleasantness ratings increased. We found no significant association between changes in facial responses and changes in pain intensity ratings. This

suggests on the one hand, that the vicarious facilitation of both response systems (subjective and facial) share some variance. This is not surprising given that the motivational priming theory (Lang, 1995) postulates that the pain prime leads to a negative affective state, which facilitates sensitivity in general towards the following experimental pain stimulus, thus, including all types of pain responses. Moreover, weak associations between subjective and facial responses have also been found in previous studies (Göller et al., 2023; Kunz et al., 2004; Kunz et al., 2011; Kunz et al., 2020; Reicherts et al., 2013). On the other hand, this shared variance seems to only apply to the unpleasantness dimension of pain, suggesting a closer linkage between facial responses and unpleasantness ratings. This contrasts with previous findings showing that facial responses to pain are a multidimensional response system, encoding both the sensory and unpleasantness dimension of pain (Kunz, Lautenbacher, et al., 2012). Thus, the closer connection of facial responses to the unpleasantness dimension might only be true in the context of motivational priming.

4.4 | Limitations

There are some limitations, which need to be considered when interpreting the present findings. First, we did not include another negative, but non-pain associated stimulus category, reducing the specificity of the found response patterns. Thus, we cannot exclude that for instance anger or disgust expressions might have led to similar results; however, previous research on facial pain expression compared to other emotion categories revealed a pain increase especially by pain expressions (Reicherts et al., 2013). Moreover, the variation in motor-features were also limited to three variants of pain expressions, which limits our ability to investigate motor priming effects in detail.

4.5 | Conclusion

We could show that a prior exposure to facial expressions of pain leads to increased facial responses to pain in the observers, thus, indicating vicarious facilitation of facial responses to pain, as has been shown for a variety of other types of pain responses. The results are consistent with the motivational priming theory. In addition, we also find some evidence for motor priming playing a role in vicarious facilitation of facial responses to pain.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Thomas Frank for the technical support in setting up the experiment. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

REFERENCES

- Avenanti, A., Sirigu, A., & Aglioti, S. M. (2010). Racial bias reduces empathic sensorimotor resonance with other-race pain. *Current Biology*, 20(11), 1018–1022.
- Basten-Günther, J., Kunz, M., Peters, M., & Lautenbacher, S. (2021). The effect of optimism on the facial expression of pain: Implications for pain communication. *European Journal of Pain*, 25(4), 817–830.
- Botvinick, M., Jha, A. P., Bylsma, L. M., Fabian, S. A., Solomon, P. E., & Prkachin, K. M. (2005). Viewing facial expressions of pain engages cortical areas involved in the direct experience of pain. *Neuroimage*, 25(1), 312–319.
- Castiello, U., Lusher, D., Mari, M., Edwards, M., & Humphreys, G. W. (2002). Observing a human or a robotic hand grasping an object: Differential motor priming effects. *Common Mechanisms in Perception and Action: Attention and Performance, XIX*, 315–333.
- Chiesa, P. A., Liuzza, M. T., Acciarino, A., & Aglioti, S. M. (2015). Subliminal perception of others' physical pain and pleasure. *Experimental Brain Research*, 233, 2373–2382.
- Craig, K. D., Versloot, J., Goubert, L., Vervoort, T., & Crombez, G. (2010). Perceiving pain in others: Automatic and controlled mechanisms. *The Journal of Pain*, 11(2), 101–108.
- Decety, J., & Jackson, P. L. (2004). The functional architecture of human empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3(2), 71–100.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). Facial action coding system. *Environmental Psychology & Nonverbal Behavior*.
- Fan, Y., & Han, S. (2008). Temporal dynamic of neural mechanisms involved in empathy for pain: An event-related brain potential study. *Neuropsychologia*, 46(1), 160–173.
- Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2023). How gender affects the decoding of facial expressions of pain. *Scandinavian Journal of Pain*, 23(2), 372–381.
- Han, S., Fan, Y., Xu, X., Qin, J., Wu, B., Wang, X., Aglioti, S. M., & Mao, L. (2009). Empathic neural responses to others' pain are modulated by emotional contexts. *Human Brain Mapping*, 30(10), 3227–3237.
- Iacoboni, M., Woods, R. P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (1999). Cortical mechanisms of human imitation. *Science*, 286(5449), 2526–2528.
- Ibáñez, A., Hurtado, E., Lobos, A., Escobar, J., Trujillo, N., Baez, S., Huepe, D., Manes, F., & Decety, J. (2011). Subliminal presentation of other faces (but not own face) primes behavioral and evoked cortical processing of empathy for pain. *Brain Research*, 1398, 72–85.
- Kappesser, J. (2019). The facial expression of pain in humans considered from a social perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374(1785), 20190284.
- Kappesser, J., & de C Williams, A. C. (2002). Pain and negative emotions in the face: Judgements by health care professionals. *Pain*, 99(1–2), 197–206.
- Karmann, A. J., Lautenbacher, S., Bauer, F., & Kunz, M. (2014). The influence of communicative relations on facial responses to pain: Does it matter who is watching? *Pain Research and Management*, 19(1), 15–22.
- Karmann, A. J., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2015). The role of inhibitory mechanisms in the regulation of facial expressiveness during pain. *Biological Psychology*, 104, 82–89.
- Khatibi, A., Roy, M., Chen, J.-I., Gill, L.-N., Piche, M., & Rainville, P. (2023). Brain responses to the vicarious facilitation of pain by facial expressions of pain and fear. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 18(1), nsac056.
- Khatibi, A., Vachon-Preseu, E., Schrooten, M., Vlaeyen, J., & Rainville, P. (2014). Attention effects on vicarious modulation of nociception and pain. *PAIN®*, 155(10), 2033–2039.
- Kirwilliam, S., & Derbyshire, S. (2008). Increased bias to report heat or pain following emotional priming of pain-related fear. *PAIN®*, 137(1), 60–65.
- Krumhuber, E. G., Tamarit, L., Roesch, E. B., & Scherer, K. R. (2012). FACSGen 2.0 animation software: Generating three-dimensional FACS-valid facial expressions for emotion research. *Emotion*, 12(2), 351–363.
- Kunz, M., de Waal, M. W., Achterberg, W. P., Gimenez-Llort, L., Lobbezoo, F., Sampson, E. L., van Dalen-Kok, A. H., Defrin, R., Invitto, S., & Konstantinovic, L. (2020). The pain Assessment in Impaired Cognition scale (PAIC15): A multidisciplinary and international approach to develop and test a meta-tool for pain assessment in impaired cognition, especially dementia. *European Journal of Pain*, 24(1), 192–208.
- Kunz, M., Faltermeier, N., & Lautenbacher, S. (2012). Impact of visual learning on facial expressions of physical distress: A study on voluntary and evoked expressions of pain in congenitally blind and sighted individuals. *Biological Psychology*, 89(2), 467–476.
- Kunz, M., Karos, K., & Vervoort, T. (2018). When, how, and why do we express pain? In *Social and interpersonal dynamics in pain: We don't suffer alone*. Springer; (pp. 101–119).
- Kunz, M., & Lautenbacher, S. (2014). The faces of pain: A cluster analysis of individual differences in facial activity patterns of pain. *European Journal of Pain*, 18(6), 813–823.
- Kunz, M., Lautenbacher, S., LeBlanc, N., & Rainville, P. (2012). Are both the sensory and the affective dimensions of pain encoded in the face? *Pain*, 153(2), 350–358.
- Kunz, M., Meixner, D., & Lautenbacher, S. (2019). Facial muscle movements encoding pain—A systematic review. *Pain*, 160(3), 535–549.
- Kunz, M., Mylius, V., Schepelmann, K., & Lautenbacher, S. (2004). On the relationship between self-report and facial expression of pain. *The Journal of Pain*, 5(7), 368–376.
- Kunz, M., Mylius, V., Schepelmann, K., & Lautenbacher, S. (2008). Impact of age on the facial expression of pain. *Journal of Psychosomatic Research*, 64(3), 311–318.
- Kunz, M., Peter, J., Huster, S., & Lautenbacher, S. (2013). Pain and disgust: The facial signaling of two aversive bodily experiences. *PLoS One*, 8(12), e83277.
- Kunz, M., Prkachin, K., Solomon, P. E., & Lautenbacher, S. (2021). Faces of clinical pain: Inter-individual facial activity patterns in shoulder pain patients. *European Journal of Pain*, 25(3), 529–540.
- Kunz, M., Rainville, P., & Lautenbacher, S. (2011). Operant conditioning of facial displays of pain. *Psychosomatic Medicine*, 73(5), 422–431.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 50(5), 372–385.
- Lautenbacher, S., Bär, K.-J., Eisold, P., & Kunz, M. (2017). Understanding facial expressions of pain in patients with depression. *The Journal of Pain*, 18(4), 376–384.
- Mailhot, J. P., Vachon-Preseu, E., Jackson, P. L., & Rainville, P. (2012). Dispositional empathy modulates vicarious effects

- of dynamic pain expressions on spinal nociception, facial responses and acute pain. *European Journal of Neuroscience*, 35(2), 271–278.
- Meagher, M. W., Arnau, R. C., & Rhudy, J. L. (2001). Pain and emotion: Effects of affective picture modulation. *Psychosomatic Medicine*, 63(1), 79–90.
- Meister, E., Horn-Hofmann, C., Kunz, M., Krumhuber, E. G., & Lautenbacher, S. (2021). Decoding of facial expressions of pain in avatars: Does sex matter? *Scandinavian Journal of Pain*, 21(1), 174–182.
- Priebe, J. A., Kunz, M., Morcinek, C., Rieckmann, P., & Lautenbacher, S. (2015). Does Parkinson's disease lead to alterations in the facial expression of pain? *Journal of the Neurological Sciences*, 359(1–2), 226–235.
- Reichert, P., Gerdes, A. B., Pauli, P., & Wieser, M. J. (2013). On the mutual effects of pain and emotion: Facial pain expressions enhance pain perception and vice versa are perceived as more arousing when feeling pain. *PAIN®*, 154(6), 793–800.
- Roesch, E. B., Tamarit, L., Reveret, L., Grandjean, D., Sander, D., & Scherer, K. R. (2011). FACSGen: A tool to synthesize emotional facial expressions through systematic manipulation of facial action units. *Journal of Nonverbal Behavior*, 35, 1–16.
- Simon, D., Craig, K. D., Gosselin, F., Belin, P., & Rainville, P. (2008). Recognition and discrimination of prototypical dynamic expressions of pain and emotions. *PAIN®*, 135(1–2), 55–64.
- Stoykov, M. E., & Madhavan, S. (2015). Motor priming in neurorehabilitation. *Journal of Neurologic Physical Therapy: JNPT*, 39(1), 33–42.
- Vachon-Preseu, E., Martel, M. O., Roy, M., Caron, E., Jackson, P. L., & Rainville, P. (2011). The multilevel organization of vicarious pain responses: Effects of pain cues and empathy traits on spinal nociception and acute pain. *PAIN®*, 152(7), 1525–1531.
- Vachon-Preseu, E., Roy, M., Martel, M.-O., Albouy, G., Chen, J., Budell, L., Sullivan, M. J., Jackson, P. L., & Rainville, P. (2012). Neural processing of sensory and emotional-communicative information associated with the perception of vicarious pain. *Neuroimage*, 63(1), 54–62.
- Weiss, T., Miltner, W. H., & Dillmann, J. (2003). The influence of semantic priming on event-related potentials to painful laser-heat stimuli in migraine patients. *Neuroscience Letters*, 340(2), 135–138.
- Wieser, M. J., Gerdes, A. B., Reicherts, P., & Pauli, P. (2014). Mutual influences of pain and emotional face processing. *Frontiers in Psychology*, 5, 1160.
- Williams, A. E., & Rhudy, J. L. (2009). Emotional modulation of autonomic responses to painful trigeminal stimulation. *International Journal of Psychophysiology*, 71(3), 242–247.
- Xiang, Y., Wang, Y., Gao, S., Zhang, X., & Cui, R. (2018). Neural mechanisms with respect to different paradigms and relevant regulatory factors in empathy for pain. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 507.
- Yamada, M., & Decety, J. (2009). Unconscious affective processing and empathy: An investigation of subliminal priming on the detection of painful facial expressions. *Pain*, 143(1–2), 71–75.

How to cite this article: Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2023). Vicarious facilitation of facial responses to pain. *European Journal of Pain*, 00, 1–11. <https://doi.org/10.1002/ejp.2169>

1.1 Anhang 3: Studie III

Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2024). Vicarious facilitation of facial responses to pain: Does the others' expression need to be painful?. *European Journal of Pain*.

Open Access (CC BY 4.0) DOI:

10.1002/ejp.4709

Vicarious facilitation of facial responses to pain: Does the others' expression need to be painful?

Peter J. Göller¹ | Philipp Reicherts¹ | Stefan Lautenbacher² | Miriam Kunz¹

¹Department of Medical, Psychology and Sociology, Medical Faculty, University of Augsburg, Augsburg, Germany

²Bamberger LivingLab Dementia (BamLiD), University of Bamberg, Bamberg, Germany

Correspondence

Peter J. Göller, Department of Medical, Psychology and Sociology, Medical Faculty, University of Augsburg, Universitätsstraße 2, 86159 Augsburg, Germany.

Email: peter.goeller@med.uni-augsburg.de

Abstract

Introduction: Prior exposure to others' facial expressions of pain can lead to a facilitation of pain responses, including its corresponding response channel, namely facial responses to pain. It has been questioned, however, whether this vicarious pain facilitation occurs only when observing others' pain or whether the observation of other negative expressions can trigger similar facilitation of facial responses to pain. The study aimed to test this, by comparing the impact of viewing others' facial expressions of pain versus another negative expression (sadness) and two control expressions (neutral, happiness) on facial responses to pain.

Method: Participants ($N = 56$; 31 females), watched short video clips of computer-generated facial expressions (pain, sadness, neutral & happiness) before they received painful and non-painful heat stimuli. Facial responses were analysed using the Facial Action Coding System. In addition, subjective and autonomic responses were assessed.

Results: The prior exposure to others' expressions of pain and sadness versus neutral did not lead to significantly increased facial responses to pain. Likewise, subjective and autonomic pain responses were not facilitated. However, viewing others' expressions of happiness, consistently reduced facial as well as subjective and autonomic responses to pain compared to others' negative or neutral expressions. This dampening effect was not observed for non-painful heat.

Discussion: Facial and other pain responses were most strongly affected by prior exposure to others' facial expressions of happiness, which led to a pain-dampening effect. In contrast, the evidence for vicarious facilitation of pain was rather weak in the present study, with no evidence of pain-specificity.

Significance Statement: Facial responses to pain – along with subjective and autonomic responses – are reduced when observing others' expressions of happiness, demonstrating pain modulation by positive affective social signals, which may also transfer to clinical contexts.

This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2024 The Author(s). *European Journal of Pain* published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of European Pain Federation - EFIC®.

1 | INTRODUCTION

Vicarious pain facilitation describes the phenomena that observing pain expression in others increases pain in the observer. It has been observed across various types of pain responses, including subjective, autonomic (Reichert et al., 2013), motor (Mailhot et al., 2012; Vachon-Presseau et al., 2011), and neural responses (Khatibi et al., 2014, 2023; Xiang et al., 2018). Vicarious pain facilitation might be a special case of motivational priming (Lang, 1995). The motivational priming theory postulates, that the display of a negative prime (e.g. others' pain expression) activates the aversive system, which leads to elevated processing of congruent stimuli (e.g. increased pain responses) (Kenntner-Mabiala et al., 2008; Lang, 1995; Rhudy et al., 2008). Besides activation of the aversive system, pain signals might specifically pre-activate corresponding (e.g. neural, motor) responses (Botvinick et al., 2005).

When investigating vicarious pain facilitation, photos/videos of facial expressions of pain have frequently been used as stimuli (e.g. Khatibi et al., 2023). We recently showed that these facial expression stimuli also lead to a facilitation in the corresponding response channel of the observer, namely in facial responses. Using videos of avatars displaying facial expressions of pain, we found that observing these expressions led to an increase in subsequent facial responses to pain (Göller et al., 2024). Moreover, the facilitation of facial responses was not only tied to pain versus neutral expressions but also to specific facial motor features (congruency between facial features of the prime and the corresponding pain-induced facial muscle movements), suggesting that motor priming is also involved. Motor priming of facial responses may be closely linked to facial mimicry (Arnold & Winkielman, 2020); with both phenomena falling under the embodiment framework, according to which the perception of emotions draws upon the internal simulation of motor and somatosensory experiences (Benuzzi et al., 2018; Niedenthal, 2007).

Despite the strong evidence of pain facilitation following the presentation of facial expressions of pain, it has been questioned how specific to pain this facilitation is. Indeed, several studies found pain facilitation following exposure to negative-affective, not pain-related facial expressions (Bayet et al., 2014; Khatibi et al., 2023; Matamala-Gomez et al., 2022). With regard to *facial responses* to pain, the question of whether the face stimuli necessarily need to display pain in order to elicit vicarious pain facilitation is still pending. This was the aim of the present study. Hypothetically, two outcomes might occur: (i) Comparable to other pain responses, facial responses may also be facilitated by prior exposure to negative-affective,

not pain-related stimuli, or (ii) given that both the pain cue (others' facial expression) and the response (facial response to pain) target the same channel, the facilitation of facial responses might be more pain-specific. To test this, videos of facial expressions of sadness and anger besides expressions of pain were included in the present study along with two control expressions (neutral, happy). Moreover, all facial expressions (positive and negative) shared at least one facial movement with the expression of pain to test for potential motor priming.

2 | METHOD

2.1 | Participants

Fifty-six participants (31 female; mean age: 22.2 years) were recruited via e-mail at the University of Augsburg. The sample included students of the University of Augsburg who received either course credit or monetary compensation (25€) for participating. All participants provided written informed consent. The study protocol was approved by the ethics committee of the University of Bamberg (#2020-11/34).

2.2 | Procedure

The experiment consisted of three parts. In the first part, the thermal pain threshold was determined. In the second part, the participants saw videos of avatars showing facial expressions of pain, anger, sadness, happiness, or a neutral expression prior to receiving painful and non-painful thermal stimuli. In order to distract participants from the aim of the study, they had to count the number of female faces. The facial responses to the thermal stimuli were recorded via video. Additionally, pain intensity and pain unpleasantness ratings as well as skin conductance responses were assessed. The pain induction protocol used in the first and second parts follows our previous study where we could successfully show vicarious facilitation of facial responses to pain (Göller et al., 2024). In the third part, participants evaluated the emotional impact of the used facial expression stimuli by providing valence and arousal ratings for each facial expression. The experiment lasted for approximately 70 min.

2.3 | Pain induction

Thermal stimuli were applied using the TSA II (Peltier-based contact stimulation device (TSA-2001, Medoc,

Israel)) with a 30 × 30 mm contact thermode that was attached to the outside of the left lower leg with a gauze bandage.

To ensure that temperature intensities were perceived as painful but not too painful in all participants (to prevent floor as well as ceiling effects), temperature intensities were tailored to the individual pain threshold. Thus, heat pain thresholds were determined first, using the method of adjustment. Participants were asked to adjust a temperature starting from 38°C, heating and cooling the thermode by button presses, until they obtained a level that was perceived as barely painful. A constant press of the buttons produced a heating or cooling rate of 0.5°C/s. Following a familiarization trial, there were four trials and the average of these four trials was used to constitute the threshold estimate.

Following the assessment of pain thresholds, phasic heat stimuli (trapezoid form, 5 s [plateau]; rate of change: 4°C/s; baseline temperature: 38°C) were applied using two different stimulus intensities, namely painful (+3°C above each participant's individual pain threshold) and non-painful (−1°C below each participant's individual pain threshold). Given that the average pain-threshold in our sample was 45.4°C (SD 0.6°C), mean temperatures for non-painful and painful heat stimulation were 44.4°C and 48.4°C, respectively.

There were 60 quasi-randomized heat stimuli (40 painful, 20 non-painful) split up into three blocks (21 trials, 21 trials, and 18 trials). For each block, the position of the thermode was slightly changed (by moving it upwards or downwards in a randomized order) in order to prevent sensitization.

2.4 | Facial expression stimuli (others' expression)

The faces of the avatars were modelled with the software FaceGen Modeller Core 3.5 (Version of 2019). The used avatars had different hairstyles and different skin colour. The videos of different dynamic facial expressions were created with the additional software FACSGen3 (Version of 2019), for which Krumhuber and Tamarit (Krumhuber et al., 2012) and Roesch et al. (Roesch et al., 2011) have demonstrated that it produces emotionally valid and reliable facial expressions. The facial expressions being created in FACSGen3 are based on the Facial Action Coding System (FACS; Ekman & Friesen, 1978) which distinguishes 44 different "Action Units" (AUs). For this study, we created a prototypical facial expression of pain based on the review by Kunz et al. (2019), which included AU4; AU6_7; AU9_10; AU25_26_27 (see example in Figure 1). As other negative valent facial expressions, we also created expressions of sadness and anger, given that facial expressions of pain have been shown to be blended as well as to be mistaken for anger as well as for sadness and thus, seem to show high proximity (Hale & Hadjistavropoulos, 1997; Kappesser & de Williams, 2002; LeResche & Dworkin, 1988). The facial expression of sadness was created by combining AU1; AU4; AU15 and the facial expression of anger was created by combining AU4; AU5; AU6_7; AU24 (based on Ekman & Friesen, 1978). Moreover, an expression of happiness (combining AU6_7 and AU12) and a neutral expression (only included an eye-blink, AU 45) were created as control conditions. We tested these customized avatar expressions in previous

	Valence		Arousal			
	Mean	SD	Mean	SD		
Pain	2.32	.66	6.60	1.13		
	Pain vs. Other <i>t(p)</i>		Pain vs. Other <i>t(p)</i>			
Anger	2.76	.72	-4.73 (<.001)	6.00	1.34	4.08 (<.001)
Sadness	2.42	.76	-1.21 (.231)	6.65	1.13	-.409 (.684)
Neutral	4.95	.28	-25.71 (<.001)	2.76	1.80	14.44 (<.001)
Happiness	7.44	.83	-32.65 (<.001)	5.61	1.85	4.52 (<.001)

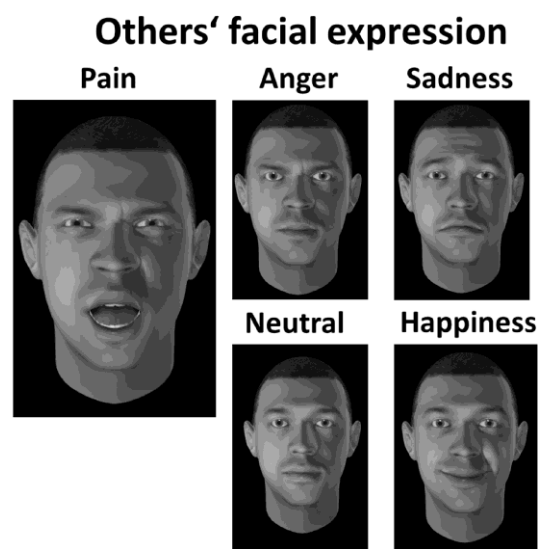


FIGURE 1 Mean score and SD for Valence and Arousal ratings (Pain rating (SAM; 1–9)) for the facial expression stimuli. T-values of paired *t*-tests comparing the facial expression of pain stimuli to the other facial expressions with corresponding *p*-value. Additionally, the stimulus material is presented herein (the male avatar) displaying the five facial expressions (pain, anger, sadness, happiness, and neutral).

studies and showed that observers could correctly decode the intended affective states (Göller et al., 2023; Meister et al., 2021). Each of the five dynamic expressions (pain, anger, sadness, happy, neutral) was displayed by one male and one female avatar using identical facial activity patterns.

Each video had a duration of 5000 ms (neutral baseline 1500 ms, unfolding of the expression for 1000 ms, full expression for 500 ms, decline again for another 1000 ms, and another neutral baseline for 1000 ms). Each trial started with the appearance of a fixation cross (white cross on a black background) for 10 s. The videos started 1500 ms before the start of the heat stimulation, so that the unfolding of the expression started in parallel to the start of the ramp-up of the heat stimulation (see Figure S1 showing the stimulation protocol). We timed it in such a way that the end of the dynamic facial expressions directly preceded the 5 s plateau phase of the painful heat stimuli, given that the time between prime and painful stimulus is critical and should be very short (<500 ms; (Richter et al., 2014)). The videos were presented using the software "Presentation" (Neurobs, Version 21.1). Altogether, 10 videos were created (5 expressions x 2 avatars (male/female)) and each video was presented six times in a quasi-randomized order, balanced across painful ($N = 40$) non-painful ($N = 20$) heat stimuli.

As stated above, we masked the primary aim of the study by instructing participants to count the number of female faces in each block. The compliance rate was very high, with most participants reporting the correct numbers (block 1: 95%, block 2: 91%, and block 3: 90% of the participants).

2.5 | Pain ratings

After each heat stimulus, participants were asked to rate the intensity & unpleasantness of pain via visual analogue scales (VAS). The pain intensity scale reached from "no pain" to "extremely strong pain" and the pain unpleasantness scale reached from "no pain" to "extremely strong unpleasantness". The two scales (ranging from 0 to 100 points) appeared together on the computer screen and participants moved a slider to indicate their ratings. To familiarize subjects with the rating procedure, one practice trial was conducted.

2.6 | Facial responses to pain

Participants' faces were videotaped throughout the heat stimulation. The camera was located approximately 2 m in front of the participant to allow for a frontal view. To

enable the offline segmentation, a sound trigger (a bing- sound) was used in the video recording that marked the start of the thermal stimulation, as well as the start and end of the plateau phase. The sound trigger was not audible to the participants. To ensure that the face would always be upright and in a frontal view during stimulation, participants were asked to avoid movements and to look at the computer screen. Participants were also instructed to avoid talking during the experiment.

Facial responses were coded from the video recordings using the Facial Action Coding System (FACS) (Ekman & Friesen, 1978). FACS is grounded on an anatomical analysis of facial movements and distinguishes 44 different "Action Units" (AUs) produced by single muscles or combinations of muscles. A certified FACS coder (qualified by passing an examination given by the developers of the system) who was blind to the experimental conditions identified the frequency and the intensity (five-point scale) of the different AUs. In order to determine interrater reliability, 5% of the video segments were coded by a second-certified FACS coder also blinded to the experimental conditions. Interrater reliability was calculated using the Ekman–Friesen formula (Ekman & Friesen, 1978). Interrater reliability was $r = 0.76$ which compares favourably with other research in the FACS literature (e.g. (Karmann et al., 2018; Priebe et al., 2015)). A software designed for the analysis of observational data (Observer Video-Pro; Noldus Information Technology, Netherlands) was used to segment the videos and to enter the FACS codes into a time-related database.

Time segments of 7 s beginning just after the stimulus had reached the target temperature were selected for scoring. In total, 60 segments of heat stimulation (40 painful segments and 20 non-painful) were analysed for each participant. Pain-specific AUs were selected based on a review article on facial expressions of pain (Kunz et al., 2019) and included the following Action Units: AU4, AU6_7, AU9_10, and AU25_26_27. For later analyses, the two FACS parameters, namely mean intensity and sum frequency values of each pain indicative AU were combined by multiplication (product terms).

2.7 | Skin conductance response

We additionally assessed the skin conductance level (SCL, a measure of sympathetic nervous system activation) as an autonomic pain response in the study. Time segments of 8.5 s, beginning just after the stimulus had reached the target temperature, were selected for scoring. This time window is slightly longer compared to the analysis window for facial responses given that the skin conductance response occurs with a slight delay. For skin conductance

recording, two 22/10 mm Ag/AgCl surface electrodes (electrode gel: 0.5% NaCl) were attached to the thenar and hypothenar eminence of the participant's nondominant hand. The signal was sampled with 250 Hz, with a constant application of 0.5 V, using a V-Amp amplifier (Brain Products Inc, Munich, Germany) and the recording software Brain Vision Recorder (Brain Products Inc) and was offline down-sampled to 20 Hz. Data was averaged across all trials per condition (five types of others' facial expression stimuli and the two heat intensities). For baseline correction, the 1-s intervals preceding the onset of the facial expression stimuli were chosen. After this, the baseline-corrected mean SCL to each thermal stimulus was calculated within a time window of 8.5 s (starting with stimulus reaching target intensity). One participant was excluded from the SCL – data analysis because of fragmented data.

2.8 | Evaluation of the facial expression stimuli: Valence and arousal ratings

At the end of the study, participants were asked to provide valence and arousal ratings of all $N = 10$ facial expression stimuli (neutral, happiness, anger, sadness, pain; for male and female avatars). Valence and arousal were assessed using Self-Assessment Manikin (SAM (Bradley & Lang, 1994)) that appeared in the middle of the computer screen (valence on the upper half, arousal on the lower half). Ratings were performed by mouse click on the manikins or spaces in-between, resulting in nine categories (i.e., “maximum positive” = 1 to “maximum negative” = 9 for valence and “maximum” = 9 to “no” = 1 for arousal). The participants had unlimited time to provide their ratings. Only after participants provided the two ratings, they were able to click on the button “continue” and the next facial expression of the avatars unfolded and had to be rated. Ratings were performed to make sure that (i) the negative expressions (anger, sadness) were perceived as similar to pain expressions in terms of valence and arousal and (ii) that the control expressions (happiness and neutral) were rated as more positive and less arousing than the pain expressions.

2.9 | Statistical analysis

2.9.1 | Manipulation check

In order to compare valence and arousal ratings of the facial expression stimuli (pain, anger, sadness, happiness, and neutral), we calculated repeated measure ANOVAs including the within-subject factor “avatars' facial

expression” (pain, anger, sadness, happiness, neutral), separately for valence and arousal ratings. In case of a significant effect, post-hoc comparisons were performed.

2.10 | Effect of the facial expression stimuli (others' expression) on pain responses

2.10.1 | Pain ratings

To investigate whether the prior exposure to others' expression affected the VAS ratings for non-painful and painful heat intensities, pain intensity and unpleasantness ratings were analysed using a repeated measure MANOVA including the within-subject factors “others' facial expression” and “heat intensity”.

2.10.2 | Facial responses

To investigate the effect of others' expression on facial responses to non-painful and painful heat intensities, we entered the pain-specific Action Units (AU4, AU6_7, AU9_10, AU25_26_27) into a repeated measure MANOVA including the within-subject factors “others' facial expression” and “heat intensity”.

2.10.3 | SCL

To investigate the effect of others' expression on skin conductance level changes to non-painful and painful heat intensities, a repeated measures ANOVA including the within-subject factors “others' facial expression” and “heat intensity” was performed.

For all described repeated measure ANOVAs, a Greenhouse–Geisser correction was used in case of violation of sphericity assumption. In case of significant effects, post-hoc analyses were conducted for single comparisons.

All analyses were conducted with SPSS 28, and the alpha level was 0.05 (α) throughout.

3 | RESULTS

3.1 | Manipulation check

The rm-ANOVAs showed a significant main effect for others' facial expression on valence ($F(2.5, 132.5) = 627.99$ $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.921$) and arousal ratings ($F(2.6, 140.4) = 101.99$ $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.654$). For single comparisons, the post-hoc t -test were computed

to compare the pain expression stimuli to the other expressions (see Figure 1). As intended, the positive and neutral facial expression stimuli elicited more positive valence and less arousal compared to the pain expression stimuli. With regard to the negative stimuli, we observed comparable valence and arousal ratings for pain and sadness expressions. However, valence and arousal ratings for the anger stimuli differed significantly from the stimuli showing “facial expressions of pain” (see Figure 1). This observation contradicted the objectives of our study, as the perception of others' negative facial expression stimuli should not exhibit disparities in valence and arousal compared to the pain expression stimuli. Consequently, we opted to exclude the facial expression of anger from further analyses.

3.2 | Effect of the facial expression stimuli (others' expression) on pain responses

3.2.1 | Pain ratings

The rm-MANOVA showed a significant main effect for “heat intensity” on pain ratings ($F(2, 52) = 224.20, p < 0.001, \eta^2 = 0.896$), with pain ratings significantly increasing from non-painful to painful heat stimulation (see Figure 2a,b). Univariate outcomes showed that these significant effects were found for both types of pain ratings, namely for pain intensity as well as unpleasantness ratings. In detail, both ratings significantly increased across non-painful to painful heat intensities (VAS intensity: $F(1, 53.0) = 451.40, p < 0.001, \eta^2 = 0.895$; VAS unpleasantness: $F(1, 53.0) = 351.99, p < 0.001, \eta^2 = 0.869$).

Moreover, “others' facial expression” had a significant effect on pain ratings ($F(6, 316) = 9.47; p < 0.001, \eta^2 = 0.154$). As univariate outcomes showed, this significant effect could be found for both VAS intensity ($F(2.3, 123.6) = 12.97, p < 0.001, \eta^2 = 0.197$) and VAS

unpleasantness ratings ($F(1.7, 123.6) = 4.92, p = 0.014, \eta^2 = 0.085$). Furthermore, a significant interaction between “others' facial expression” and “heat intensity” was also found ($F(6, 316) = 12.18, p < 0.001, \eta^2 = 0.188$); again for both VAS intensity ($F(2.5, 130.8) = 20.30, p < 0.001, \eta^2 = 0.277$) and VAS unpleasantness ratings ($F(2.5, 134.2) = 22.5, p < 0.001, \eta^2 = 0.296$). Post-hoc *t*-

tests were computed for simple comparisons separately for non-painful and painful heat intensities and the significant results are displayed in Figure 2a (VAS intensity) and 2b (VAS unpleasantness). With regard to ratings of non-painful heat intensities (left side of Figure 2a,b), we found that the prior exposure to negative facial expressions (especially pain) surprisingly led to lower pain ratings. With regard to ratings of painful heat intensities, we found that especially positive facial expressions (happiness) led to a significant decrease in pain intensity and unpleasantness ratings compared to prior exposure to a negative or neutral facial expressions.

3.2.2 | Facial responses

The rm-MANOVA showed a significant main effect for “heat intensity” on facial responses ($F(4, 50) = 224.20, p < 0.001, \eta^2 = 0.380$), with facial responses significantly increasing from non-painful to painful heat stimulation (see Figure 3a-d). Univariate outcomes showed that all pain-specific AUs significantly increased across non-painful to painful heat intensities (AU4: $F(1, 53.0) = 12.85, p < 0.001, \eta^2 = 0.195$; AU6_7:

$F(1, 53.0) = 30.16, p < 0.001, \eta^2 = 0.363$; AU9_10: $F(1, 53.0) = 10.10, p = 0.002, \eta^2 = 0.160$; AU25_26_27: $F(1, 53.0) = 7.71, p = 0.008, \eta^2 = 0.127$).

The rm-MANOVA also showed a significant main effect for the factor “others' facial expression” (pain, sadness, happiness, neutral) on facial responses ($F(12, 413.0) = 2.62, p = 0.002, \eta^2 = 0.063$). Univariate outcomes showed, that this effect was significant for three out of the four pain-specific AUs, namely AU

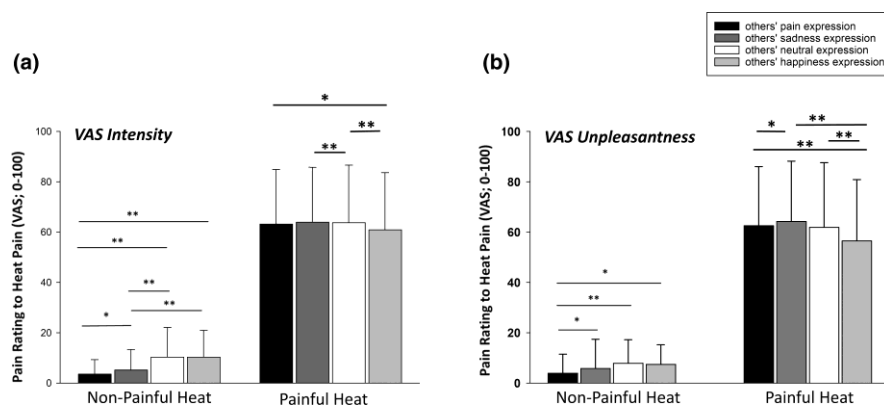
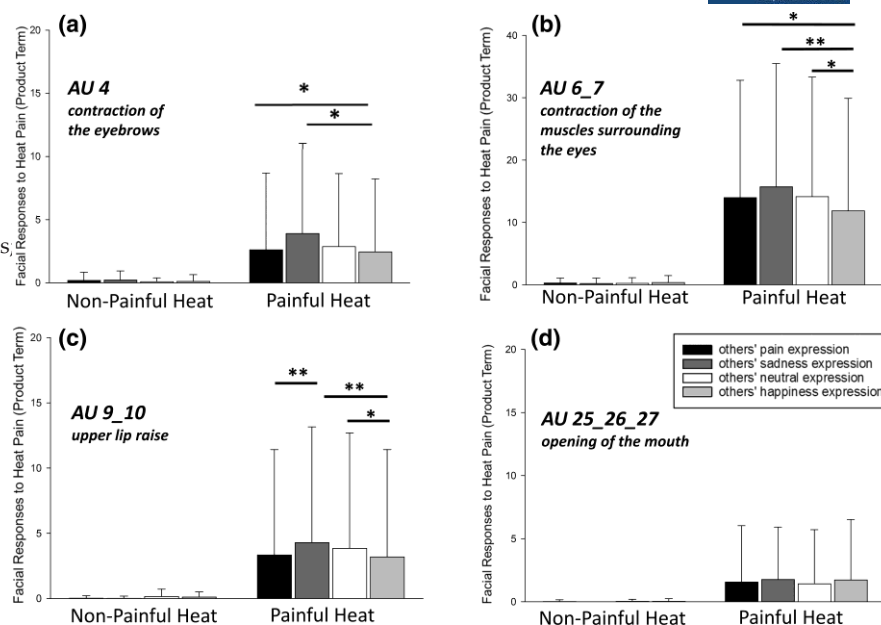


FIGURE 2 Effect of “facial expression stimuli” on pain intensity (a) and unpleasantness (b) ratings (mean, SD). Ratings are presented separately for non-painful and painful heat intensities as well as separately for the different others' facial expression stimuli. * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$; SD, standard deviation.

FIGURE 3 Effect of “others' facial expression” on facial responses (pain-specific AUs mean, SD) to heat stimulation. Facial responses are presented separately for non-painful and painful heat intensities as well as separately for trials with prior exposure to the different others' facial expression stimuli. * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$; AUs, Action Units, standard deviation.



4: $F(2.2, 116.8) = 3.67$, $p = 0.025$, $\eta^2 = 0.065$, AU 6_7: $F(2.6, 140.0) = 4.47$, $p = 0.007$, $\eta^2 = 0.078$ as well as AU9_10: $F(2.5, 131.6) = 5.41$, $p = 0.003$, $\eta^2 = 0.093$. Only AU 25_26_27 (opening of the mouth) was not affected by prior exposure to “others' facial expression” ($F(2.3122.9) = 0.65$, $p = 0.584$, $\eta^2 = 0.012$).

Furthermore, a significant interaction between “others' facial expression” and “heat intensity” was also found ($F(12,413.0) = 280$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.068$); again for three out of the four pain-specific AUs; namely AU 4: $F(2.2, 114.5) = 3.34$, $p = 0.036$, $\eta^2 = 0.059$, AU 6_7: $F(2.7, 144.2) = 5.77$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.098$ as well as AU9_10: $F(2.6, 138.6) = 7.13$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.119$.

Post-hoc t -tests were computed for simple comparisons separately for non-painful and painful heat intensities and the significant results are displayed in Figure 3a–d. With regard to facial responses to non-painful heat intensities (left side of Figure 3a–d), we found that the prior exposure to “others” facial expression had no effect on facial responses. In contrast, facial responses to painful heat (right side of Figure 3a–d) were significantly affected by prior exposure to others' facial expressions. Especially viewing a happiness expression, resulted in significantly decreased pain-specific facial responses to pain (AU4, AU 6_7 and AU 9_10) compared to prior exposure to pain, sadness, and neutral stimuli.

3.2.3 | Skin conductance level (SCL)

The rm-ANOVA showed a significant main effect for “heat intensity” on SCL ($F(1, 53.0) = 43.48$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.451$), with SCL significantly increasing from non-painful to painful heat stimulation (see Figure 4).

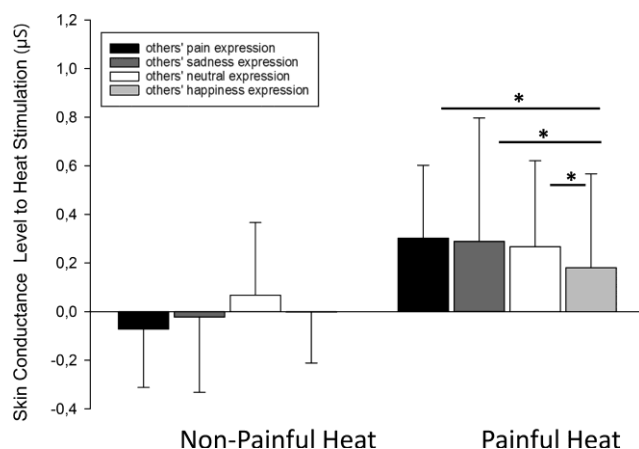


FIGURE 4 Effect of “others' facial expression” on skin conductance response (baseline-corrected, mean, SD) ($\ln(\text{SCL} + 1)$ [µS]) to heat stimulation. Mean skin conductance responses are presented separately for non-painful and painful heat intensities as well as separately for trials with prior exposure to the different facial expression stimuli. * $p < 0.05$; SD, standard deviation.

Although we found no significant main effect for “others' facial expression” on SCL ($F(2.6, 138.8) = 1.96$, $p = 0.131$, $\eta^2 = 0.036$); there was a significant interaction between “heat intensity” and “others' facial expression” ($F(2.0, 104.8) = 3.40$, $p = 0.038$, $\eta^2 = 0.060$). Post-hoc t -tests were computed for simple comparisons separately for non-painful and painful heat intensities and the significant results are displayed in Figure 4. With regard to non-painful heat intensities (left side of Figure 4), we found that the prior exposure to “others” facial expression had no effect on SCL. In contrast, SCL response to painful heat intensities was significantly affected by prior exposure to others' facial expressions. Viewing a happiness

expression elicited lower pain-related SCL changes compared to negative (sadness and pain) or neutral facial expression stimuli (Figure 4).

3.2.4 | Summary

In contrast to our expectation, the prior exposure to others' negative facial expressions (pain and sadness) did not lead to a facilitation in pain responses compared to prior exposure to neutral expressions. Only the prior exposure to others' facial expressions of happiness had a stable dampening effect on all responses to painful heat, with decreased pain ratings, decreased pain-specific facial responses, and decreased skin conductance levels following heat pain stimulation. Furthermore, this effect became evident only for painful heat. During non-painful trials, prior exposure to happy expressions did not lead to a reduction of facial, subjective, or autonomic responses (in case of pain ratings, we even found elevated pain ratings after viewing happy expressions).

4 | DISCUSSION

In the context of vicarious facilitation of facial responses to pain, our aim was to test whether the others' expression needs to be painful or whether similar facilitation might also be elicited by other negative expressions. In contrast to our expectations, neither the prior exposure to others' expressions of pain nor to others' expressions of sadness led to a clear facilitation of facial responses to pain compared to others' neutral expressions. Instead, only the prior exposure to others' expressions of happiness led to a pain-dampening effect, with reduced facial responses to pain compared to prior exposure to negative and neutral facial expressions. Similarly, pain-dampening effects were observed for subjective and skin conductance responses to painful heat stimulation; whereas happy expressions had no dampening effects on responses to non-painful heat. We will discuss these findings in detail below.

4.1 | Vicarious facilitation of pain responses

In the present study, the prior exposure to others' expressions of pain versus neutral expressions did not lead to the expected increase in facial responses; neither to non-painful nor painful heat stimulation. Similarly, subjective and autonomic responses also showed no indication of

vicarious pain facilitation. Effect sizes computed suggest negligible effects ($\eta^2 < 0.01$) for vicarious pain facilitation in the present study. This is in contrast to a previous study of our group where we found clear evidence (large effect sizes $\eta^2 > 0.14$) of vicarious facilitation of facial and subjective responses to pain (Göller et al., 2024). A reason for the differing findings might be the characteristics of the facial expression stimuli. In the previous study, only two types of facial expressions, namely pain and neutral, were used, whereas the range of affective states was broadened in the present study and two other emotional categories were employed. Specifically, besides pain and neutral expressions, we additionally included others' facial expressions of sadness and anger as well as a positive facial expression, namely happiness. It is possible that the elevated number of negative stimuli (pain, sadness, anger) affected how the neutral facial expression was perceived. Indeed, it has been shown that others' neutral facial expressions are perceived as negative when preceding negative expressions served as primes (Chiesa et al., 2017; Höschel & Irle, 2001; Jellema et al., 2011; Lu et al., 2011). Since these negative primes occurred more frequently in the present study compared to our previous study, it is possible that the neutral facial expression was also perceived as more negative during the pain testing; although the later assessed valence ratings did not show this. Besides the larger frequency of negative primes, the overall number of distinct affective states might also have played a role. Prior studies showing vicarious facilitation of pain have typically compared two (Ibáñez et al., 2011; Van Middendorp et al., 2010) or three types of others' expressions (Bayet et al., 2014; Khatibi et al., 2023). It is plausible that using five types of facial expressions in the present study design might have overloaded the participants; in other words, vicarious facilitation of pain might be more evident when using a limited number of facial expressions as primes. It is also possible that using avatars instead of real human facial expressions might have contributed to the lack of vicarious facilitation of pain.

In sum, we included five different types of facial expressions as primes in the present study to be able to investigate the pain specificity of vicarious facilitation of facial responses to pain. However, this increase in the number and variability of others' expressions might have unfortunately dampened the well-known pain facilitation effect that we aimed to investigate. Hence, it would have been preferable to conduct separate studies, each study only including two or three maximal types of facial expression stimuli. A limited set of two facial expressions preceding pain stimulation also has the advantage that this design seems to align more with real-life situations than the more complex priming paradigm used in the present study.

4.2 | Positive priming effect on pain responses

We found a clear pain-dampening effect when participants viewed others' facial expression of happiness prior to painful heat stimulation. This dampening effect was apparent in facial responses as well as in subjective and autonomic responses to pain. Similar pain-dampening effects have been observed in previous studies using facial expression of happiness as primes preceding a painful stimulation. More precisely this has been observed for neural (Kenntner-Mabiala & Pauli, 2005; Kornelsen et al., 2019; Orenius et al., 2017) subjective (Matamala-Gomez et al., 2022; Mini et al., 1995; Wieser et al., 2014), and autonomic (Reichert et al., 2013; Roy et al., 2011) responses to pain and now, also for facial responses to pain. According to Lang's (Lang, 1995) motivational priming theory, a positive or pleasant prime is capable of activating the motivational approach system and by that to inhibit – in terms of valence – incongruent response, which is the case when a smiling face or a pleasant picture is paired with an aversive pain stimulation (Hale & Hadjistavropoulos, 1997; Kenntner-Mabiala & Pauli, 2005; Meagher et al., 2001; Meng et al., 2012). Interestingly and in line with our findings, a recent meta-analysis on the effect of emotion induction on pain showed strong pain-dampening effects for positive emotions whereas findings for negative emotion induction were less clear, with only a few studies showing pain-facilitation effects whereas others failed to do so (Mikkelsen et al., 2024). Besides motivational priming, our findings can also be explained using the embodiment framework given that we used facial expressions as stimuli. According to the embodied perception perspective (e.g. Henrich et al., 2007), the perception of happy expressions should trigger the activation of the observer's own visceromotor (e.g. facial mimicry) or somatosensory representation of happiness and hereby dampen the following pain experience.

In our study, this effect may be pronounced due to the facial expression of happiness assuming the role of an oddball. This is attributed to its infrequent occurrence as a positively valenced facial expression compared to the more common negative valenced facial expressions (12 vs. 36). Consequently, the others' expression of happiness might be more attention-grabbing, thereby contributing to the observed pain-dampening effect.

4.3 | Motor priming of facial responses to pain

Indications of motor priming observed in our previous study (Göller et al., 2024) were not replicated in the current study.

The facial expression stimuli used in the present study shared at least one Action Unit with the known subset of facial responses to pain (Kunz et al., 2019) (e.g. AU 6_7 belongs to the pain-specific AUs and is also part of the happiness expression). If motor priming plays a role, we expected that facial responses to pain might be altered depending on which AU was present in the preceding prime (e.g. AU 4 should be especially facilitated following the exposure to facial expressions of sadness and pain). In contrast to our expectation, we did not find that single AUs were differentially affected by the different facial expression stimuli. Therefore, motor priming effects could not be found in the present study. It is possible that we could not replicate the motor priming effect as found in the previous study (Göller et al., 2024) due to similar reasons as discussed above (number and variety of facial expression stimuli). As a limitation, we only assessed visible facial muscle movements with the FACS and thus, cannot exclude that more subtle motor priming of facial responses might have occurred that would have been captured using electromyography (EMG) to record facial responses to pain.

4.4 | Clinical implications

Our findings might be especially relevant for pain settings where a generally negative valence prevails. In these settings, positive stimuli could be utilized to potentially reduce pain. Examples include post-operative settings, where pain and other negative valenced states (e.g. nausea, feeling disoriented, anxiety) are prevalent. In such settings, positive images might have a pain-dampening effect. Similarly, in facilities treating chronic pain patients, where negative valence might predominate (e.g. due to the long-standing suffering of the patients), the display of positive images might contribute to pain-dampening effects.

5 | CONCLUSION

We could show that a prior exposure to positive others' expression lead to decreased pain responses, manifesting across all investigated response channels (facial, subjective, autonomic) of pain. In contrast to our expectation, we found no clear evidence of vicarious facilitation of pain, possibly due to the large number of different primes used in the present study. Thus, a simpler design might be necessary to answer the question of how pain-specific vicarious facilitation of facial responses to pain is.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

This study was designed by M.K., S.L., and P.R. The experiment was performed by P.G. The data was analysed

by P.G. and the results were critically examined by all authors. P.G. and M.K. had a primary role in preparing the manuscript, which was edited by S.L. and P.R. All authors have approved the final version of the manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work.

REFERENCES

- Arnold, A. J., & Winkielman, P. (2020). The mimicry among us: Intra-and inter-personal mechanisms of spontaneous mimicry. *Journal of Nonverbal Behavior, 44*(1), 195–212.
- Bayet, S., Bushnell, M., & Schweinhardt, P. (2014). Emotional faces alter pain perception. *European Journal of Pain, 18*(5), 712–720.
- Benuzzi, F., Lui, F., Ardizzi, M., Ambrosecchia, M., Ballotta, D., Righi, S., Pagnoni, G., Gallese, V., & Porro, C. A. (2018). Pain mirrors: Neural correlates of observing self or others' facial expressions of pain. *Frontiers in Psychology, 9*(397), 296.
- Botvinick, M., Jha, A. P., Bylsma, L. M., Fabian, S. A., Solomon, P. E., & Prkachin, K. M. (2005). Viewing facial expressions of pain engages cortical areas involved in the direct experience of pain. *NeuroImage, 25*(1), 312–319.
- 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.
- Chiesa, P. A., Liuzza, M. T., Macaluso, E., & Aglioti, S. M. (2017). Brain activity induced by implicit processing of others' pain and pleasure. *Human Brain Mapping, 38*(11), 5562–5576.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial action coding system*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2023). How gender affects the decoding of facial expressions of pain. *Scandinavian Journal of Pain, 23*(2), 372–381.
- Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2024). Vicarious facilitation of facial responses to pain. *European Journal of Pain, 28*(1), 133–143.
- Hale, C. J., & Hadjistavropoulos, T. (1997). Emotional components of pain. *Pain Research and Management, 2*, 217–225.
- Henrich, N., & Henrich, J. P. (2007). *Why humans cooperate: A cultural and evolutionary explanation*. Oxford University Press.
- Höschel, K., & Irle, E. (2001). Emotional priming of facial affect identification in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin, 27*(2), 317–327.
- Ibáñez, A., Hurtado, E., Lobos, A., Escobar, J., Trujillo, N., Baez, S., Huepe, D., Manes, F., & Decety, J. (2011). Subliminal presentation of other faces (but not own face) primes behavioral and evoked cortical processing of empathy for pain. *Brain Research, 1398*, 72–85.
- Jellema, T., Pecchinenda, A., Palumbo, L., & Tan, E. G. (2011). Biases in the perception and affective valence of neutral facial expressions induced by the immediate perceptual history. *Visual Cognition, 19*(5), 616–634.
- Kappesser, J., & de Williams, A. C. (2002). Pain and negative emotions in the face: Judgements by health care professionals. *Pain, 99*(1), 197–206.
- Karmann, A. J., Lauer, C., Ziegler, E., Killian, L., Horn-Hofmann, C., & Lautenbacher, S. (2018). Associations of nocturnal sleep with experimental pain and pain catastrophizing in healthy volunteers. *Biological Psychology, 135*, 1–7.
- Kenntner-Mabiala, R., Andreatta, M., Wieser, M. J., Mühlberger, A., & Pauli, P. (2008). Distinct effects of attention and affect on pain perception and somatosensory evoked potentials. *Biological Psychology, 78*(1), 114–122.
- Kenntner-Mabiala, R., & Pauli, P. (2005). Affective modulation of brain potentials to painful and nonpainful stimuli. *Psychophysiology, 42*(5), 559–567.
- Khatibi, A., Roy, M., Chen, J.-I., Gill, L.-N., Piche, M., & Rainville, P. (2023). Brain responses to the vicarious facilitation of pain by facial expressions of pain and fear. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 18*(1), nsac056.
- Khatibi, A., Vachon-Presseau, E., Schrooten, M., Vlaeyen, J., & Rainville, P. (2014). Attention effects on vicarious modulation of nociception and pain. *Pain, 155*(10), 2033–2039.
- Kornelsen, J., McIver, T. A., & Stroman, P. W. (2019). Unique brain regions involved in positive versus negative emotional modulation of pain. *Scandinavian Journal of Pain, 19*(3), 583–596.
- Krumhuber, E. G., Tamarit, L., Roesch, E. B., & Scherer, K. R. (2012). FACSGen 2.0 animation software: Generating three-dimensional FACS-valid facial expressions for emotion research. *Emotion, 12*(2), 351–363.
- Kunz, M., Meixner, D., & Lautenbacher, S. (2019). Facial muscle movements encoding pain—A systematic review. *Pain, 160*(3), 535–549.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist, 50*(5), 372–385.
- LeResche, L., & Dworkin, S. F. (1988). Facial expressions of pain and emotions in chronic TMD patients. *Pain, 35*(1), 71–78.
- Lu, Y., Zhang, W.-N., Hu, W., & Luo, Y.-J. (2011). Understanding the subliminal affective priming effect of facial stimuli: An ERP study. *Neuroscience Letters, 502*(3), 182–185.
- Mailhot, J. P., Vachon-Presseau, E., Jackson, P. L., & Rainville, P. (2012). Dispositional empathy modulates vicarious effects of dynamic pain expressions on spinal nociception, facial responses and acute pain. *European Journal of Neuroscience, 35*(2), 271–278.
- Matamala-Gomez, M., Bottiroli, S., Sances, G., Allena, M., De Icco, R., Ghiotto, N., Guaschino, E., Sandrini, G., & Tassorelli, C. (2022). Facial expressions modulate pain perception in patients with chronic migraine. *Cephalalgia, 42*(8), 739–748.
- Meagher, M. W., Arnau, R. C., & Rhudy, J. L. (2001). Pain and emotion: Effects of affective picture modulation. *Psychosomatic Medicine, 63*(1), 79–90.
- Meister, E., Horn-Hofmann, C., Kunz, M., Krumhuber, E. G., & Lautenbacher, S. (2021). Decoding of facial expressions of pain in avatars: Does sex matter? *Scandinavian Journal of Pain, 21*(1), 174–182.
- Meng, J., Hu, L., Shen, L., Yang, Z., Chen, H., Huang, X., & Jackson, T. (2012). Emotional primes modulate the responses to others' pain: An ERP study. *Experimental Brain Research, 220*, 277–286.
- Mikkelsen, M. B., Neumann, H., Buskbjerg, C. R., Johannsen, M., O'Toole, M. S., Arendt-Nielsen, L., & Zachariae, R. (2024). The effect of experimental emotion induction on experimental pain: A systematic review and meta-analysis. *Pain, 165*(4), e17–e38.
- Mini, A., Rau, H., Montoya, P., Palomba, D., & Birbaumer, N. (1995). Baroreceptor cortical effects, emotions and pain. *International Journal of Psychophysiology, 19*(1), 67–77.
- Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Embodying Emotion. Science, 316*(5827), 1002–1005.
- Orenius, T. I., Raji, T. T., Nuortimo, A., Näätänen, P., Lipsanen, J., & Karlsson, H. (2017). The interaction of emotion and pain in

- the insula and secondary somatosensory cortex. *Neuroscience*, 349, 185–194.
- Priebe, J., Messingschlager, M., & Lautenbacher, S. (2015). Gaze behaviour when monitoring pain faces: An eye-tracking study. *European Journal of Pain*, 19(6), 817–825.
- Reichert, P., Gerdes, A. B., Pauli, P., & Wieser, M. J. (2013). On the mutual effects of pain and emotion: Facial pain expressions enhance pain perception and vice versa are perceived as more arousing when feeling pain. *Pain*, 154(6), 793–800.
- Rhudy, J. L., Williams, A. E., McCabe, K. M., Russell, J. L., & Maynard, L. J. (2008). Emotional control of nociceptive reactions (ECON): Do affective valence and arousal play a role? *Pain*, 136(3), 250–261.
- Richter, M., Schroeter, C., Puensch, T., Straube, T., Hecht, H., Ritter, A., Miltner, W. H., & Weiss, T. (2014). Pain-related and negative semantic priming enhances perceived pain intensity. *Pain Research and Management*, 19(2), 69–74.
- Roesch, E. B., Tamarit, L., Reveret, L., Grandjean, D., Sander, D., & Scherer, K. R. (2011). FACSGen: A tool to synthesize emotional facial expressions through systematic manipulation of facial action units. *Journal of Nonverbal Behavior*, 35, 1–16.
- Roy, M., Lebus, A., Peretz, I., & Rainville, P. (2011). The modulation of pain by attention and emotion: A dissociation of perceptual and spinal nociceptive processes. *European Journal of Pain*, 15(6), 641.e1–10.
- Vachon-Preseu, E., Martel, M. O., Roy, M., Caron, E., Jackson, P. L., & Rainville, P. (2011). The multilevel organization of vicarious pain responses: Effects of pain cues and empathy traits on spinal nociception and acute pain. *Pain*, 152(7), 1525–1531.
- Van Middendorp, H., Lumley, M. A., Moerbeek, M., Jacobs, J. W., Bijlsma, J. W., & Geenen, R. (2010). Effects of anger and anger regulation styles on pain in daily life of women with fibromyalgia: A diary study. *European Journal of Pain*, 14(2), 176–182.
- Wieser, M. J., Gerdes, A. B., Reicherts, P., & Pauli, P. (2014). Mutual influences of pain and emotional face processing. *Frontiers in Psychology*, 5, 1160.
- Xiang, Y., Wang, Y., Gao, S., Zhang, X., & Cui, R. (2018). Neural mechanisms with respect to different paradigms and relevant regulatory factors in empathy for pain. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 507.

SUPPORTING INFORMATION

Additional supporting information can be found online in the Supporting Information section at the end of this article.

How to cite this article: Göller, P. J., Reicherts, P., Lautenbacher, S., & Kunz, M. (2024). Vicarious facilitation of facial responses to pain: Does the others' expression need to be painful? *European Journal of Pain*, 00, 1–11. <https://doi.org/10.1002/ejp.4709>