

1 Hirnstrukturelle Korrelate aggressiven und antisozialen Verhaltens bei Gewaltstraftätern

Lena Hofhansel, Carmen Weidler, Mikhail Votinov, Benjamin Clemens, Adrian Raine und Ute Habel

1.1 Einleitung

Aufgrund zwischenmenschlicher Gewalt sterben jedes Jahr eine Vielzahl von Menschen. Allein im Jahr 2012 wurden weltweit 475.000 Tötungsdelikte gemeldet (Butchart et al. 2015). Neben persönlichen und familiären Belastungen Betroffener, entstehen weitere staatliche Kosten, beispielsweise durch Notfallversorgung der Opfer oder strafrechtliche Verfolgung der Delikte.

Bis zum heutigen Tag sind die Therapiemöglichkeiten für die Behandlung von aggressiven, gewalttätigen und psychopathischen Patienten sehr begrenzt vorhanden. Dies wird unter anderem bedingt durch unser eingeschränktes Verständnis von Mechanismen und Faktoren, welche diesem Verhalten zugrunde liegen. Aggression ist ein mannigfaltiges Konstrukt und wird durch eine Vielzahl von Persönlichkeits- und Verhaltensmerkmalen bestimmt, wobei Psychopathie einer der stärksten Prädiktoren für gewalttätiges Verhalten darstellt (Glenn & Raine, 2008). Psychopathen werden häufig als manipulativ und ausbeuterisch beschrieben, sie machen sich andere Menschen zu Nutze und es mangelt ihnen an Schuld- und Reueempfinden. Psychopathen handeln oft impulsiv, verantwortungslos und nicht im Einklang mit sozialen Normen oder Gesetzen. Gepaart mit einer hohen Auftretenswahrscheinlichkeit von sowohl reaktiven als auch proak-

tiven aggressiven Handlungen, macht es sie zu einer für die Gesellschaft gefährlichen Gruppe. Menschen mit hohen psychopathischen Eigenschaften begehen mehr Gewaltverbrechen (Glenn & Raine, 2009; Williamson, Hare, & Wong, 1987) und weisen im Vergleich zu Nicht-Psychopathen eine höhere kriminelle Rückfallquote auf (Anderson & Kiehl, 2014; Harris, Rice, & Cormier, 1991).

Zur Verhinderung von Gewalt, ist es unerlässlich die zugrundeliegende Ätiologie, Mechanismen und biologische Korrelate aggressiven Verhaltens zu verstehen. Um den Ursprüngen und der Dynamik der Aggressivität auf den Grund zu gehen, wurden in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungen in psychologischen, neurologischen und biologischen Bereichen durchgeführt. Insbesondere Untersuchungen zu aggressionsspezifischen hirnstrukturellen und -funktionalen Störungen nahmen zu. Eine Vielzahl von Studien konnte in diesem Zusammenhang ein vermindertes Volumen der grauen Substanz mit erhöhter Aggressivität in Verbindung bringen. Vor allem in Frontal- und Temporallappenbereichen, aber auch im Okzipital- und Parietallappen (Lamsma, Mackay, & Fazel, 2017) konnten negative Korrelationen zwischen Substanzvolumina und aggressivem Verhalten festgestellt werden.

Hirnstrukturelle und -funktionelle Defizite welche sowohl mit Aggression und als auch mit Psychopathie in Verbindung gebracht werden, überschneiden sich teilweise, was auf die Schwierigkeit zurückzuführen ist, zwischen beiden Konstrukten klar zu unterscheiden (Griffiths & Jalava, 2017; Koenigs et. al, 2011; Pujol et. al, 2018). Unterschiede in der Art der Erhebungsinstrumente (Selbst- und Fremdbeurteilungsverfahren), inkonsistente diagnostische Grenzwerte und unterschiedliche Stichprobenmerkmale erschweren die Vergleichbarkeit von Studien. Häufig werden Psychopathiewerte nur zur Beschreibung der Stichprobe verwendet, jedoch nicht in die Analysen mit einbezogen. Das Maß an Aggressivität wird in einigen Studien nicht zwangsläufig durch Tests definiert, sondern aus dem Verhalten der Probanden abgeleitet (z.B. Verurteilungen aufgrund Gewaltverbrechen) (Lamsma et al., 2017). Untersuchungen in denen einzelne Subfaktoren der beiden Konstrukte separat analysiert werden, sind vor allem in der Hirnforschung noch sehr selten.

Zur Bestimmung der Aggressivität stehen uns eine Vielzahl valider Fragebögen wie beispielsweise der Buss & Perry Aggression Questionnaire (AQ) (Buss & Perry, 1992) oder der Reaktive-Proaktive Aggressionsfragebogen (RPQ) (Raine et al., 2006) zur Verfügung. Während der AQ neben einer globalen Bewertung aggressiven Verhaltens auch Ärger, Feindseligkeit, verbale und körperliche Aggression separat in Skalen abschätzt, erlaubt der RPQ die Unterscheidung zwischen reaktivem und proaktivem Aggressionsverhalten. Die Psychopathie-Checkliste - revised (PCL-R) von Hare (Hare, 1991, 2003a,b) ist ein von geschultem Personal durchgeführtes, klinisches Interview und gilt als zuverlässigstes Mittel zur Einschätzung der Psychopathie (Anderson & Kiehl, 2014; Glenn & Raine, 2008). Faktorenanalysen ergaben u.a. ein Vier-Facetten-Modell (Hare, 2003a,b; Hare & Neumann,

2005), welches eine eindeutige Beschreibung der zwischenmenschlichen, affektiven und verhaltensbezogenen Merkmale der Psychopathie ermöglicht.

Ziel dieser Studie ist es daher, den Zusammenhang zwischen Aggression, Psychopathie und Hirnstrukturen systematisch zu untersuchen und dabei diejenigen Faktoren einzeln zu betrachten, die in Summe aggressives Verhalten bedingen. Zu diesem Zwecke wurde zunächst die Hirnmorphologie gewalttätiger Straftäter mit der einer entsprechenden Kontrollgruppe verglichen. Nachfolgend wurden die Zusammenhänge zwischen den Einzelfaktoren (Subskalen) aggressiver und psychopathischer Eigenschaften und der Hirnstruktur von Straftätern detailliert analysiert. Im Folgenden werden die vorläufigen Ergebnisse dieser Studie vorgestellt und besprochen.

1.2 Methoden

Für die vorläufige Auswertung konnten Datensätze von 20 männlichen Straftätern (ST) und einer Kontrollgruppe (HC) gleicher Größe ohne kriminellen Hintergrund verwendet werden. Alle Straftäter wurden aufgrund mindestens einer Gewaltstraftat verurteilt und wurden über die Bewährungshilfe Aachen rekrutiert. Von der Studienteilnahme wurden jene Probanden ausgeschlossen, welche akute Achse 1 Störungen aufwiesen, die von Opiateinnahmen innerhalb der letzten 12 Monate berichteten, die nicht im Altersbereich von 18 bis 55 Jahren lagen und solche, die Kontraindikationen für MRT-Messungen aufwiesen (z.B. Metallimplantate).

Mithilfe von zwei Selbstbeurteilungsfragebögen, dem Aggressionsfragebogen (AQ) von Buss und Perry (Buss & Perry, 1992; von Collani & Werner, 2005) und dem Reaktive-Proaktive Aggression Fragebogen (RPQ) (Raine et al., 2006) wurde die Aggressivität in beiden Stichprobengruppen ermittelt. Zusätzlich wurde mithilfe des Wortschatztests (WST) das verbale Intelligenzniveau der Teilnehmer geschätzt (Kose et al., 2015). Neben den globalen Aggressivitätswerten im AQ und im RPQ, werden sowohl die physische und verbale Aggression sowie Ärger und Feindseligkeit (AQ), als auch proaktive und reaktive Aggression (RPQ) separat beschrieben. Anhand der deutschen Version der PCL-R (Mokros et. al, 2017) wurden Psychopathiewerte der Straftäterkohorte ermittelt. Die PCL-R basiert auf einem halbstrukturierten Interview, welches von einem geschulten Fachmann durchgeführt wurde. Die vier Facetten der PCL-R beschreiben interpersonelle Merkmale (Facette 1) wie beispielsweise oberflächlicher Charme, übersteigerte Selbstdarstellung und pathologisches Lügen, als auch affektive Eigenschaften (Facette 2) wie fehlende Reue, fehlendes Verantwortungs- oder Schuldempfinden und die Oberflächlichkeit von Gefühlen. Zusätzlich definieren Stimulationsbedürfnis, Impulsivität, Verantwortungslosigkeit und das Fehlen realistischer Ziele die Lebenswandel-Facette (Facette 3) und unzureichende Verhaltenskontrolle, Jugendkriminalität und kriminelle Vielseitigkeit die antisoziale Facette (Facette 4).

Im Folgenden wurden sowohl globale Werte beider Konstrukte, als auch die additiv diesem Gesamtwert beitragenden Subfaktoren hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit hirnstrukturellen Besonderheiten analysiert. Zu diesem Zwecke wurden anatomische Gehirnbilder mithilfe der Magnetresonanztomographie (MRT) aufgenommen. Die Aufnahmen waren Teil einer kombinierten funktionellen MRT-Neurostimulationsstudie, die an anderer Stelle berichtet wird. Eine voxelbasierte Morphometrie Analyse (VBM) wurde mit der CAT12-Toolbox (<http://www.neuro.uni-jena.de/cat>) für die Statistical Parametric Mapping Software (SPM12) (<https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>) durchgeführt, die in Matlab2015b (Mathworks, Inc., Natick, Massachusetts, USA) implementiert ist. Mithilfe der anatomischen MRT-Aufnahmen wurde die graue Substanz eines jeden Teilnehmers identifiziert, segmentiert und an ein standardisiertes Referenzgehirn (MNI) ausgerichtet. Die Bilddaten wurden geglättet und für voxel-by-voxel Analysen des Gesamtgehirns verwendet.

Auf Grundlage dieser Bilddaten wurde zunächst ein Gruppenvergleich zwischen der Straftäterkohorte und den Kontrollen vorgenommen. Um Unterschiede im Gesamtgehirnvolumen, Alter und IQ zu kontrollieren, wurden diese Variablen in das allgemeine lineare Modell als Kovariaten aufgenommen. Zur Untersuchung des konkreten Zusammenhangs einzelner Subfaktoren aggressiven und psychopathischen Verhaltens mit der Gehirnstruktur, wurden diese Subskalenwerte der Straftäter in multiple Regressionsanalysen mit dem Volumen der grauen Substanz eingeschlossen. Hierbei bedienten wir uns des Gesamthirnvolumens und des Alters als Kontrollvariablen. Alle Ergebnisse wurden auf einem Signifikanzniveau von $p = 0,001$ erfasst und eine cluster-level Korrektur wurde bei $p_{(unkorrigiert)} = 0,05$ vorgenommen. Alle Resultate wurden im MNI-Raum dargestellt und anhand des WFU Pickatlas für SPM definiert (Maldjian et. al, 2003).

1.3 Resultate

1.3.1 Stichprobenbeschreibung

Die Gruppe der Straftäter erzielte signifikant höhere Werte auf den Aggressivitätsskalen als die Kontrollgruppe (AQ - Gesamtwert HC: $M(SD) = 64,15(8,68)$, OF: $M(SD) = 80,47(20,70)$, $t(35) = -3,215$, $p = 0,003$; RPQ - Gesamtwert: HC: $M(SD) = 3,05(5,02)$, OF: $M(SD) = 23,86(9,05)$, $t(39) = -6,432$, $p < 0,001$). Auch auf den Subskalen der beiden Aggressionsskalen zeigten sich ähnliche Ergebnisse. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die Kontrollprobanden durchschnittlich über mehr Ausbildungsjahre (HC: $M(SD) = 14,46(2,30)$, OF: $M(SD) = 10,24(0,83)$, $t(39) = 7,877$, $p < 0,001$) und einen durchschnittlich höheren verbalen IQ-Wert verfügten (HC: $M(SD) = 108,84(15,58)$, OF: $M(SD) = 96,38(9,02)$, $t(38) = 3,134$, $p = 0,003$). Bezogen auf das Alter unterschieden sich beide Gruppen nicht (HC: $M(SD) = 32,45(10,38)$, OF: $M(SD) = 34,76(10,40)$, $t(39) = -0,712$, $p = 0,481$).

1.3.2 Untersuchung der Gehirnvolumina

Hinsichtlich des Volumens der grauen Substanz zeigten unsere Untersuchungen keine Unterschiede zwischen beiden Kohorten. Die Korrelationen des grauen Substanzvolumens innerhalb der Gruppe der Straftäter mit den einzelnen Faktoren der Aggressions- und Psychopathieskalen, führte jedoch zu vier signifikanten Ergebnissen (s. Tab. 1). Reaktive Aggression korrelierte negativ mit dem Substanzvolumen im rechten Temporallappen, während die proaktive Aggression negativ mit der grauen Substanz im Gyrus cinguli korrelierte. Die dritte Facette des PCL-R zeigte eine negative Korrelation mit dem Cerebellumvolumen, wobei sich drei Cluster abzeichneten, welche in einem negativen Zusammenhang mit dem antisozialen Verhalten standen. Die graue Substanz im rechten Temporallappen, im rechten Gyrus frontalis superior und dem linken Gyrus supramarginalis nahm mit zunehmender Ausprägung von Facette 4 des PCL-R ab.

Tab. 1 Negative Korrelationen zwischen regionalen Gehirnvolumina, Aggressivität und Psychopathie innerhalb der Straftäterkohorte

Cluster	Seite	Anatomische Region	Peak			
			T	X	Y	Z
Negative Korrelation zwischen reaktiver Aggression (RPQ) und GMV bei Straftägern						
454	R	Gyrus temporalis medius	4.92	51	-29	-12
			4.57	45	-17	-9
		Gyrus temporalis superior	4.50	48	-15	-6
			4.00	50	-9	-15
Negative Korrelation zwischen proaktiver Aggression (RPQ) und GMV bei Straftägern						
320	R	Gyrus cinguli	4.69	2	-8	38
			3.98	5	-18	44
Negative Korrelation zwischen Lebenswandel (PCL-R) und GMV bei Straftägern						
423	L	Cerebellum	5.25	-32	-48	-50
			5.16	-32	-48	-45
			4.93	-45	-50	-51
			4.78	-42	-51	-51
			3.79	-39	-50	-60
236	L	Cerebellum	5.86	-8	-68	-15
			4.27	-20	-74	-15

Negative Korrelation zwischen antisozialem Verhalten (PCL-R) und GMV bei Straftätern

1037	R	Gyrus temporalis medius	6.24	59	-41	0
			4.14	54	-36	-4
		Gyrus temporalis superior	4.90	47	-21	-3
385	R	Gyrus frontalis superior	5.88	23	57	3
		Gyrus frontalis medius	5.61	30	51	14
348	L	Gyrus supramarginalis	5.35	-62	-42	33

1.4 Diskussion

Diese Studie befasste sich mit der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Aggression, Psychopathie und Gehirnmorphologie. Um Aussagen über hirnstrukturelle Besonderheiten einzelner, dem aggressiven Verhalten zuträglicher Faktoren machen zu können, wurden Subskalen von Selbst- und Fremdbeurteilungsverfahren in separaten Analysen mit der grauen Substanz von Straftätern korreliert.

Das vorläufige Hauptergebnis unserer Studie stellte sich als Reduktion frontaler, temporaler und parietaler grauer Substanz mit zunehmender Antisozialität (PCL-R) dar. Der reziproke Zusammenhang zwischen Temporallappenvolumen und Aggressivität konnte ebenfalls durch signifikant negative Korrelation des Subfaktors reaktiver Aggression (RPQ) in einem teilweise überlappenden Bereich des Temporallappens festgestellt werden. Obwohl die beiden genannten Subskalen sich durch unterschiedliche Merkmale definieren lassen, und obwohl sich die Werte aus jeweils einem Selbst- und einem Fremdbeurteilungsverfahren ergeben, verfügen sie über ein gemeinsames, externes Kriterium, welches hier als Reduktion der grauen Substanz im rechten Temporallappen mit ansteigenden Skalenwerten beschrieben werden kann.

Schon vor einigen Jahrzehnten wurde der Zusammenhang zwischen kriminellem Verhalten und rechtshemisphärischen Störungen untersucht. Im Jahre 1982 konnte die Arbeitsgruppe um Yeudall feststellen, dass jugendliche Straftäter in neuropsychologischen Testungen schlechter abschnitten als eine Kontrollgruppe und dass diese Defizite vermehrt bei Aufgaben auftraten, welche eine rechtshemisphärische Funktion erforderten (Yeudall, Fromm-Auch, & Davies, 1982). Ähnliche Resultate wurden später sowohl in Läsions- (Adolphs et al. 2000) als auch Neuroimaging-Studien berichtet (Hecht, 2014; Müller et al., 2008; Pujol et al., 2018).

Während der Frontallappen traditionell als entscheidender Modulator bewussten, menschlichen Verhaltens angesehen wurde, fand Potegal Hinweise auf die Bedeutung des Temporallappens bei der Regulierung negativer Emotionen und postulierten daraufhin ein temporal-frontales Aggressionsmodell (Potegal, 2012).

Diese Theorie beruhte auf der Annahme, dass die dysfunktionale Informationsverarbeitung die Grundlage aggressiven Verhaltens sei und dass die Verarbeitung sozialer Reize bereits in der ersten Phase der komplexen Prozesse zur Entscheidungsfindung und Handlungsauswahl gestört sein könnte.

Im Regelfall werden in somatosensorischen, visuellen und auditiven Arealen empfangene Informationen an mediale und superiore Bereiche des Schläfenlappens geleitet, um dort weiterverarbeitet zu werden. Diese temporalen Bereiche sind eng mit subkortikalen und limbischen Strukturen (wie beispielsweise den Amygdalae und Hippocampi) verbunden, mit dessen Hilfe Perzepte, Erinnerungen und verinnerlichte Handlungsschemata abgerufen werden und in das vorhandene Informationsspektrum integriert werden. Diese integrierten Informationen werden von den temporalen an präfrontale und orbitofrontale Regionen weitergeleitet, welche u.a. bei der Ausübung von Exekutivfunktion, Kosten-Nutzenabwägungen vermeintlicher Handlungsziele und Verhaltenskontrolle eine entscheidende Rolle spielen.

Atrophien in Temporallappenregionen können das Verständnis sozialer Signale, wie beispielsweise die Erfassung und Interpretation von verbalen - aber auch nonverbalen - sozialen Informationen beeinträchtigen. Bei Epilepsie-Patienten mit Läsionen und epileptischen Entladungen im rechten Schläfenlappen wurde festgestellt, dass das Erkennen vornehmlich negativer Mimik beeinträchtigt ist (Haller & Kruk, 2006). Das Registrieren, Verarbeiten und Verstehen der Emotionen einer anderen Person ist eine wichtige Voraussetzung für prosoziales Verhalten. Wir erkennen normalerweise einen emotionalen Zustand einer Person, indem wir intern eine somatosensorische Darstellung des Ausdrucks des Gegenübers erzeugen (Adolphs et al., 2000). Diese Fähigkeit, die Intentionen Anderer zu verstehen, wird auch Theory of Mind (ToM) genannt. Sowohl der superiore als auch der mediale Gyrus temporalis sind Teile des funktionellen ToM-Netzwerkes (Lin et al., 2018; Martin et. al, 2014). Personen, mit Schädigungen in diesen Arealen ist es nicht möglich, Empathie zu empfinden und dementsprechend zu handeln, was antisoziales Verhalten bedingen kann.

Ist nun Struktur und Funktion der zu diesem Modell gehörenden Hirnregionen bei Straftätern gestört, werden soziale Informationen unzureichend oder falsch verarbeitet und damit auch interpretiert. Aus der dysfunktionalen Informationsverarbeitung resultieren dann möglicherweise in bestimmten Situationen impulsive und antisoziale Handlungen. Unsere Ergebnisse des negativen Zusammenhangs zwischen reaktiver Aggressivität und antisozialem Verhalten mit dem Gewebevolumen im Schläfenlappen unterstützt die Theorie der eskalierenden Aggression Potegals.

Darüber hinaus stehen Temporal- und Frontallappenschädigungen in unterschiedlichen Zusammenhängen mit Aggressivität. Golden und Kollegen postulieren, dass frontale Atrophien mit einer Überempfindlichkeit gegenüber potenziell gefährlichen Reizen korrelieren, während Temporallappenläsionen mit unkontrollierten und ungerichteten Wutausbrüchen in Verbindung gebracht wurden

(Golden et. al, 1996). Da soziale und kognitiv anspruchsvolle Informationen vor allem in präfrontalen Regionen verarbeitet werden, legen präfrontale Schädigungen aggressives Verhalten im sozialen Kontext nahe. Störungen im Temporallappen steigern eher die Auftretenswahrscheinlichkeit nicht-sozial induzierter aggressiver Ausbrüche (Golden et al., 1996). Die Annahmen von Golden und Kollegen stimmen mit unseren Erkenntnissen überein, dass ein reaktiveres (aber nicht proaktives) aggressives und antisoziales Verhalten mit einer Verringerung des Gewebevolumens des rechten Schläfenlappens bei Straftätern korreliert ist.

1.5 Einschränkungen und Fazit der Studie

Die beiden untersuchten Kohorten unterschieden sich in einigen demographischen Punkten signifikant: Die Gruppe der Straftäter war gekennzeichnet durch einen niedrigeren verbalen IQ, weniger Bildung und eine höhere Prävalenz von Substanzmissbrauch im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Trotz dieser Gruppenunterschiede ließen sich keine Unterschiede hinsichtlich der Hirnmorphologie zwischen Straftätern und Kontrollen finden. Wir gehen davon aus, dass Gruppenvergleiche auf Gesamthirnebene eventuell nicht sensitiv genug sind, um vermutlich kleinere, regionale Volumenunterschiede zum Vorschein zu bringen. Wir hoffen, dass mit einer Erhöhung der Stichprobengröße eine Steigerung der analytischen Power einhergehen wird. Trotz der Tatsache, dass alle Täter aufgrund mindestens eines Gewaltverbrechens verurteilt wurden und ein hohes Maß an Aggressivität aufwiesen, lagen die durchschnittlichen Werte nicht in den oberen Perzentilen der meisten Aggressionsskalen. Ein weiterer Nachteil unserer Studie ist der Mangel an objektiven Drogentests. Die meisten Straftäter gaben an, regelmäßig Betäubungsmittel zu konsumieren, jedoch mussten wir uns bei der Beurteilung des Drogenkonsums auf die Aussagen der Teilnehmer verlassen.

Große Vorteile dieser Studie lagen in der umfassenden Charakterisierung beider Gruppen: Neben IQ und Bildung erfassten wir Aggressivität mithilfe zwei etablierter Instrumente, sowie Psychopathie bei Straftätern mithilfe eines standardisierten Fremdbeurteilungsverfahrens, welche in die Analyse integriert wurden. Der Großteil der bis zum heutigen Datum publizierten Studien erfasst zwar Aggression oder Psychopathie, jedoch wurden diese Skalen vornehmlich für die Beschreibung der Stichproben herangezogen und nicht in die statistischen Modelle mit einbezogen. Vor allem sei anzumerken, dass eine Analyse der Subskalen Aufschlüsse über spezielle, biologische Korrelate einzelner Verhaltensweisen beschreibt, welche in Summe zu Aggressivität oder Psychopathie führen.

Wir konnten mit dieser vorläufigen Analyse unserer Daten zeigen, dass vor allem der Temporallappen eine entscheidende Rolle bei aggressivem und antisozialem Verhalten zu spielen scheint. Unsere Ergebnisse untermauern die Annahme, dass eine gestörte Informationsverarbeitung und damit dysfunktionales soziales Erleben, in Kombination mit gesteigerter Impulsivität, maladaptive und aggressive Verhaltensmuster zur Folge haben könnten. Mit den vorläufigen Ergebnissen

unserer noch andauernden Studie können wir bereits Erkenntnisse über komplexe Netzwerke, die mit aggressiven und impulsiven Merkmalen von kriminellem und gewalttätigem Verhalten in Verbindung gebracht werden können, sammeln. Mit dem Wissen über den Zusammenhang von hirnstrukturellen Besonderheiten und eskalierender Gewalt, können betroffene Areale und Mechanismen zukünftig als Ziel für Neurostimulationstherapien oder pharmakologischen Interventionen dienen. Eine Fortführung der Studie mit einer Erhöhung der Stichprobengröße wird weiterhin angestrebt, um die Signifikanz der Ergebnisse zu verstärken.

Literatur

- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio, A. R. (2000). A Role for Somatosensory Cortices in the Visual Recognition of Emotion as Revealed by Three-Dimensional Lesion Mapping. *The Journal of Neuroscience*, 20(7), 2683–2690. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.20-07-02683.2000>
- Anderson, N. E., & Kiehl, K. A. (2014). Psychopathy: Developmental perspectives and their implications for treatment. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 32(1), 103–117. <https://doi.org/10.3233/RNN-139001>
- Buss, A. H., & Perry, M. (1992). The Aggression Questionnaire. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63(3), 452–459. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.63.3.452>
- Butchart, A., Mikton, C., Dahlberg, L. L., & Krug, E. G. (2015). Global status report on violence prevention 2014. *Injury Prevention*, 21(3), 213–213. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2015-041640>
- Glenn, A. L., & Raine, A. (2008). The Neurobiology of Psychopathy. *Psychiatric Clinics of North America*, 31(3), 463–475. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2008.03.004>
- Glenn, A. L., & Raine, A. (2009). Psychopathy and instrumental aggression: Evolutionary, neurobiological, and legal perspectives. *International Journal of Law and Psychiatry*, 32(4), 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.ijlp.2009.04.002>
- Golden, C. J., Jackson, M. L., Peterson-Rohne, A., & Gontkovsky, S. T. (1996). Neuropsychological correlates of violence and aggression: A review of the clinical literature. *Aggression and Violent Behavior*, 1(1), 3–25. [https://doi.org/10.1016/1359-1789\(95\)00002-X](https://doi.org/10.1016/1359-1789(95)00002-X)
- Griffiths, S. Y., & Jalava, J. V. (2017). A comprehensive neuroimaging review of PCL-R defined psychopathy. *Aggression and Violent Behavior*, 36, 60–75.
- Haller, J., & Kruk, M. R. (2006). Normal and abnormal aggression: Human disorders and novel laboratory models. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(3), 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.01.005>
- Hare, R. D. (1991). *The Psychopathy Checklist-Revised (PCL-R)*. USA: Multi Health Systems.
- Hare, R. D. (2003a). *Hare Psychopathy Checklist-Revised (PCL-R) 2nd Edition*. Toronto, Ontario: Multi Health Systems.
- Hare, R. D. (2003b). *The psychopathy checklist-Revised (PCL-R): Technical Manual (2nd Edition) (2nd ed.)*. Toronto: Multi Health Systems.
- Hare, R. D., & Neumann, C. S. (2005). Structural models of psychopathy. *Current Psychiatry Reports*, 7(1), 57–64. <https://doi.org/10.1007/s11920-005-0026-3>
- Harris, G. T., Rice, M. E., & Cormier, C. A. (1991). Psychopathy and Violent Recidivism. *Law and Human Behavior*, 15(6), 625–637. <https://doi.org/10.1007/bf01065856>
- Hecht, D. (2014). Cerebral Lateralization of Pro- and Anti-Social Tendencies. *Experimental Neurobiology*, 23(1), 1–27. <https://doi.org/10.5607/en.2014.23.1.1>
- Koenigs, M., Baskin-Sommers, A., Zeier, J., & Newman, J. P. (2011). Investigating the neural correlates of psychopathy: A critical review. *Molecular Psychiatry*, 16(8), 792–799. <https://doi.org/10.1038/mp.2010.124>
- Kose, S., Steinberg, J. L., Gerard Moeller, F., Gowin, J. L., Zuniga, E., Kamdar, Z. N., ... Lane, S. D. (2015). Neural correlates of impulsive aggressive behavior in subjects with a history of alcohol dependence. *Behavioral Neuroscience*, 129(2), 183–196. <https://doi.org/10.1037/bne0000038>

- Lamsma, J., Mackay, C., & Fazel, S. (2017). Structural brain correlates of interpersonal violence: Systematic review and voxel-based meta-analysis of neuroimaging studies. *Psychiatry Research - Neuroimaging*, 267, 69–73. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.07.006>
- Lin, N., Yang, X., Li, J., Wang, S., Hua, H., Ma, Y., & Li, X. (2018). Neural correlates of three cognitive processes involved in theory of mind and discourse comprehension. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 18(2), 273–283. <https://doi.org/10.3758/s13415-018-0568-6>
- Maldjian, J. A., Laurienti, P. J., Kraft, R. A., & Burdette, J. H. (2003). An automated method for neuroanatomic and cytoarchitectonic atlas-based interrogation of fMRI data sets. *NeuroImage*, 19(3), 1233–1239.
- Martin, A. K., Robinson, G., Dzafic, I., Reutens, D., & Mowry, B. (2014). Theory of mind and the social brain: Implications for understanding the genetic basis of schizophrenia. *Genes, Brain and Behavior*, 13(1), 104–117. <https://doi.org/10.1111/gbb.12066>
- Mokros, A., Hollerbach, P., Nitschke, J., & Habermeyer, E. (2017). Hare Psychopathy Checklist-Revised (PCL-R): Deutsche Version der Hare Psychopathy Checklist- Revised (PCL-R) von R. D. Hare. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/s11757-018-0478-z>
- Müller, J. L., Gänßbauer, S., Sommer, M., Döhnell, K., Weber, T., Schmidt-Wilcke, T., & Hajak, G. (2008). Gray matter changes in right superior temporal gyrus in criminal psychopaths. Evidence from voxel-based morphometry. *Psychiatry Research - Neuroimaging*, 163(3), 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2007.08.010>
- Potegal, M. (2012). Temporal and frontal lobe initiation and regulation of the top-down escalation of anger and aggression. *Behavioural Brain Research*, 231(2), 386–395. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.10.049>
- Pujol, J., Harrison, B. J., Contreras-Rodriguez, O., & Cardoner, N. (2018). The contribution of brain imaging to the understanding of psychopathy. *Psychological Medicine*, 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0033291718002507>
- Raine, A., Dodge, K., Loeber, R., Gatzke-Kopp, L., Lynam, D., Reynolds, C., ... Liu, J. (2006). The Reactive-Proactive Aggression Questionnaire: Differential Correlates of Reactive and Proactive Aggression in Adolescent Boys. *Aggressive Behavior*, 32(2), 159–171. <https://doi.org/10.1002/ab.20115>
- von Collani, G., & Werner, R. (2005). Self-related and motivational constructs as determinants of aggression. An analysis and validation of a German version of the Buss-Perry Aggression Questionnaire. *Personality and Individual Differences*, 38(7), 1631–1643. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2004.09.027>
- Williamson, S., Hare, R. D., & Wong, S. (1987). Violence: Criminal psychopaths and their victims. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement*, 19(4), 454–462. <https://doi.org/10.1037/h0080003>
- Yeudall, L. T., Fromm-Auch, D., & Davies, P. (1982). Neuropsychological impairment of persistent delinquency. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 170(5), 257–265.