

Weinberger, D.R., Egan, M.F., Bertolino, A., Callicott, J.H., Mattay, V.S., Lipska, B.K., Berman, K.F., & Goldberg, T.E. (2001). Prefrontal neurons and the genetics of schizophrenia. *Biol Psychiatry*, 50(11), 825-44.

Wolfsberg, T.G., Wetterstrand, K.A., Guyer, M.S., Collins, F.S., & Baxevanis, A.D. (2002). A user's guide to the human genome. *Nat Genet*, 32 Suppl, 1-79.

Neural Correlates and Exploratory Genetic Associations of Attentional and Hypnotic Phenomena

Amir Raz^{1,2,4}, John A. Fossella¹, Pema McGuinness³, Zohar R. Zephrani¹, and Michael I. Posner^{1,5}

Abstract: In the aftermath of the human genome project, genotyping is fast becoming an affordable and technologically viable complement to phenotyping. Whereas attempts to characterize hypnotic responsiveness have been largely phenomenological, data emanating from exploratory genetic data may offer supplementary insights into the genetic basis of hypnotizability. We outline our genetic findings and neuroimaging results and discuss their potential influence in the context of top-down control systems. These results may explain individual differences in hypnotizability and propose new ideas for the study of neural systems of hypnosis.

Key words: attention, attentional networks, executive, orienting, alerting, neuroimaging, top-down modulation, cognitive control, self-regulation

Amir Raz, Prof. PhD
Columbia University
College of Physicians & Surgeons and
New York State Psychiatric Institute
1051 Riverside Drive, Box 74
New York, NY 10032 U.S.A.
ar2241@columbia.edu

Übersetzung aus dem Amerikanischen von Nike Harzer

erhalten: 16.2.03

revidierte Version akzeptiert: 23.1.04

¹ Weill Medical College of Cornell University, New York, U.S.A.

² Columbia University, College of Physicians & Surgeons, New York, U.S.A.

³ Duke University, North Carolina, U.S.A.

⁴ New York State Psychiatric Institute, New York, U.S.A.

⁵ University of Oregon, Oregon, U.S.A.

Die Neurobiologie der Hypnose.

Wie beeinflussen Gene, Neuroanatomie sowie Faktoren der Informationsgeschwindigkeitsprozesse die hypnotische Antwortbereitschaft?

Helen J. Crawford
James E. Horton
Pesach Lichtenberg

■ *Wir schlagen ein integratives Modell der Neurophysiologie und der hypnotischen Antwortbereitschaft vor und heben besonders die jüngsten Arbeiten zur hypnotischen Empfänglichkeit im Zusammenhang mit genetisch, anatomisch und neuronal bedingter Effektivität und Schnelligkeit der Informationsverarbeitung hervor. Bei über 25-Jährigen erweist sich die hypnotische Antwortbereitschaft als sehr stabil, und neueste Untersuchungen (Lichtenberg et al., 2000, 2004) zeigen, dass der Polymorphismus der Katechol-O-Methyltransferase (COMT), eines am Dopamin-Metabolismus beteiligten Enzyms, zur hypnotischen Antwortbereitschaft in Beziehung steht. Neuroanatomische Untersuchungen von Horton et al. (2004) haben ergeben, dass hoch hypnotisierbare Individuen im Vergleich zu gering hypnotisierbaren über ein größeres Rostrum verfügen, ein Areal des Corpus Callosum (Balken), dass zwischen den anterioren Regionen der Frontallappen kommuniziert. Die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung, die durch Reaktionszeit und evolierte Potentiale belegt ist, legt nahe, dass die hoch Suggestiblen häufig über ein schnelleres neuronales System verfügen als die gering Suggestiblen. Insgesamt lässt diese Untersuchung vermuten, dass die hoch Suggestiblen in besserem dopaminergen Zustand sind verglichen mit den gering Suggestiblen, und dieser trägt dazu bei, dass sie über ein effektiveres anterior frontales exekutives Kontrollsystem und überwachendes Aufmerksamkeitssystem verfügen, das aufgrund erregender und hemmender Prozesse andere Gehirnmareale beeinflusst und mit diesen im Austausch steht.*

Schlüsselwörter: Hypnotisierbarkeit, Katechol-O-Methyltransferase (COMT), Rostrum, dopaminerges Zustand, anterior frontales exekutives Kontrollsystem, überwachendes Aufmerksamkeitssystem

Einführung

Die Neurobiologie der Hypnose ist ein viel versprechender, innovativer Forschungsbereich, der in vielen neuen Ansätzen und Vorschlägen so unterschiedlicher Gebiete Nahrung findet wie der Verhaltensgenetik, der Verhaltens-Neurobiologie, der Neurochemie, der Psychoneuroimmunologie, der bildgebenden Verfahren, der Medizin, der Neurophysiologie und der Psychologie. Hypnotische Phänomene - wie auch das Bewusstsein allgemein - ergeben sich aus einem vielschichtigen Wechselspiel aus Empfindungen, Wahrnehmung, Erinnerung und Aufmerksamkeit (z. B. Hilgard, 1977; James, 1880). Hypnose bietet einen einzigartigen Schauplatz, um zu studieren, ob und wie die Wahrnehmung von Reizen und Ereignissen ins Bewusstsein gelangt und wie die Aufmerksamkeit für unsere innere und äußere Welt dramatisch verändert werden kann. Die Organisation hypnotischer Phänomene gründet sich auf komplexe neuronale Schaltkreise, die Cortices und kortikale bis subkortikale Gehirnareale miteinander verbinden.

Wir schlagen hier ein integratives Modell der Neurophysiologie hypnotischer Empfänglichkeit vor, mit Betonung der neuesten Untersuchungen zu hypnotischer Suggestibilität in Hinblick auf genetische, anatomische und neurologische Effektivität und Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung. Wir meinen, dass die Befunde den Beweis liefern, dass hoch suggestible Individuen über ein effektiveres anterior frontales Kontroll- und Aufmerksamkeitssystem verfügen, welches durch Erregung und Hemmung mit anderen Gehirnarealen in Interaktion tritt und diese beeinflusst (Übersichtsarbeit von Crawford, 1994; Crawford & Gruzelier, 1992; Horton & Crawford, im Druck).

Ist hypnotische Ansprechbarkeit genetisch bedingt?

Während der vergangenen zehn Jahre hat die Verhaltensgenetik unter Einsatz aussagekräftiger molekulargenetischer Techniken faszinierende, wenngleich komplexe genetische Erkenntnisse zu Persönlichkeit und kognitiver Verarbeitung erbracht. Da sich die hypnotische Ansprechbarkeit jenseits eines Alters von 25 Jahren tatsächlich als ebenso stabil erwiesen hat (Morgan, Johnson & Hilgard, 1974) wie die Persönlichkeit oder die Intelligenz (Piccione, Hilgard & Zimbardo, 1989), müssen wir uns vernünftigerweise fragen, ob genetische Einflüsse zu dieser Stabilität beitragen.

Die relative Stabilität hypnotischer Ansprechbarkeit wurde am besten in Studien von Absolventen der Stanford Universität dargestellt, die sich nach 10 Jahren (1960 - 1970), nach 15 Jahren (1970 - 1985) und nach 25 Jahren (1960 - 1985) jeweils der Stanford Hypnotic Susceptibility Scale, Form A (SHSS:A; Weitzenhoffer & Hilgard, 1959) bedienten, die Ernest R. Hilgards Labor entstammt. Der statistisch signifikante Stabilitäts-Koeffizient lag in der Nachuntersuchung nach 10 Jahren bei .64, nach 15 Jahren bei .82 und nach 25 Jahren bei .71. Mehr noch: Der Mittelwert des SHSS:A hatte sich nicht signifikant geändert. In einer weiteren Forschungsrichtung an der

Stanford Universität, die Josephine R. Hilgard (1970/79) mit ihren ausführlichen Interviews eingeschlagen hatte, zeigte sich, dass imaginative Betätigung während der Kindheit etwas mit der Entwicklung der Hypnotisierbarkeit zu tun hat. Damit soll nicht geleugnet werden, dass intensive Schulungsmethoden wie beispielsweise mit dem Carleton Skills Training Program, bei dem die Teilnehmer aufgefordert werden, Hypnose zu simulieren, dazu beitragen können, die gemessene hypnotische Ansprechbarkeit zu steigern (z. B. Gorassini & Spanos, 1986; dagegen als Beispiel für Nicht-Replizierbarkeit: Gfeller, Lynn & Pribble, 1987).

Unter Verwendung der standardisierten Stanford Hypnotic Susceptibility Scales fanden Morgan, Hilgard und Davert (1970) in 80 Familien mit zumindest einem Zwillingpaar eine signifikante Korrelation innerhalb der Gruppen von $r = .63$ ($n=35$, $p=.001$) für eineiige Zwillinge, dagegen keine signifikante Korrelation bei gleichgeschlechtlichen zweieiigen Zwillingspaaren bzw. sonstigen Geschwisterpaaren. Von einer umfangreicheren Untersuchung mit 140 Zwillingspaaren berichtete Morgan (1973) ähnliche Ergebnisse. Wenn ein Elternteil nicht nur hoch hypnotisierbar war, sondern dessen Kind sich auch mit dem gleichgeschlechtlichen Elternteil identifizierte, so erwies sich dieses Kind als eher hoch hypnotisierbar. Rawlings (1977) von der Universität New South Wales, Australien, replizierte in einer Dissertation diese Untersuchung und fand die Korrelation innerhalb der Gruppen den von Morgan berichteten "bemerkenswert ähnlich" (S. 200). In Russland berichteten Baumann und Bul' (1981), dass die Hypnotisierbarkeit (Kriterium: Eintritt in drei unterschiedliche Hypnose-Stadien) von 60 Zwillingspaaren eine Konkordanz von 78,3% ergab. Diese Untersuchungen unterliegen den üblichen Einschränkungen aller genetischen Zwillings-Untersuchungen.

Einen möglichen Zusammenhang zwischen hypnotischer Ansprechbarkeit und Händigkeit in Familien wurde in einigen Untersuchungen in Betracht gezogen (Bakan, 1970; Gur & Gur, 1974, Wallace & Persanyi, 1989). Wallace und Persanyi benutzten die Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility, Form A (HGSHS:A; Shor & Orne, 1962) und berichteten, dass Teilnehmer "mit nahen linkshändigen Verwandten einen signifikant niedrigeren Testwert in hypnotischer Ansprechbarkeit erreichten als Teilnehmer mit einer rechtshändigen Familie. Wurden die nahen Verwandten der ursprünglichen Testteilnehmer auf ihre hypnotische Ansprechbarkeit hin untersucht, so erreichten linkshändige Verwandte einen niedrigeren Testwert in hypnotischer Ansprechbarkeit als die rechtshändigen Verwandten" (S. 345). Daraus kann man schliessen, dass hypnotische Ansprechbarkeit in der Familie liegen könnte.

Das Gebiet der Molekular-Genetik hat der Forschung aufregende neue Wege gebahnt. Die erste veröffentlichte Untersuchung des genetischen Polymorphismus im Zusammenhang mit hypnotischer Ansprechbarkeit, erhoben anhand der Stanford Hypnotic Susceptibility Scale, Form C (SHSS:C; Weitzenhoffer & Hilgard, 1962), stammt aus Israel und bezog 107 gesunde Freiwillige im Alter zwischen 18 und 71 Jahren ein (Lichtenberg, Bachner-Melman, Gritsenko & Ebstein, 2000; Lichtenberg,

Bachner-Melman, Ebstein & Crawford, 2004). Lichtenberg und seine Kollegen fanden heraus, dass Hypnotisierbarkeit mit dem genetischen Polymorphismus der Catechol-O-Methyltransferase (COMT) korreliert, einem am dopaminergen und noradrenergen (nicht aber dem serotonergen) Metabolismus beteiligten Enzym. Sie nahmen an, dass das COMT-Gen für 10% der Varianz des Hypnotisierbarkeits-Testwerts verantwortlich sein könnte. Da das nur bei Frauen, nicht aber bei Männern zu beobachten war, müssen wir hinsichtlich der Unterschiede bei den Geschlechtern weiter forschen. Darüber hinaus waren die sehr hoch hypnotisierbaren Personen in der Stichprobe unterrepräsentiert. Diese Befunde müssen als vorläufig betrachtet werden und bedürfen der Replikation (s. Raz et al. in diesem Heft).

Die Lücke zwischen der genetischen Anleitung, ein Protein zu erzeugen, einerseits und einem komplexen Wesenszug wie Hypnotisierbarkeit andererseits ist tatsächlich groß und muss mit Umsicht umgangen werden. Man kann nicht den Schluss ziehen, dass eine Korrelation zwischen genetischem Polymorphismus und einem komplexen Verhalten beweist, dass ersterer letzteres unmittelbar verursacht, wie das wohl tatsächlich bei bestimmten Wesensmerkmalen der Fall sein kann, die von einem einzelnen Gen bestimmt werden wie z. B. die Augenfarbe oder bestimmte Stoffwechselkrankheiten wie beispielsweise Chorea Huntington. Sollte darüber hinaus eine kausale Beziehung bestehen, so kann diese sich auf gewundenen Pfaden bewegen. Trägt das COMT-Gen zur Hypnotisierbarkeit bei, indem es Auswirkungen auf Aufmerksamkeits-Mechanismen hat? Oder fördert es möglicherweise die Compliance gegenüber den Anweisungen des Hypnotiseurs? Oder aber könnte der Effekt stattdessen durch etwas ganz anderes zustande kommen?

Gestützt auf die entsprechende Literatur meinen wir, dass der COMT-Gen-Polymorphismus tatsächlich über dopaminerge Substanzen seine Wirkung auf die Aufmerksamkeitsmechanismen hat. Zunächst einmal ist COMT ein Enzym, das Dopamin abbaut, so dass Methionin(met)-Homozygote, deren Enzym hitzeempfindlich ist und deshalb nur 20% der COMT Aktivität zeigt, die durch Valin(val)-Homozygote hervorgerufen wird, über eine entsprechend höhere dopaminerge Aktivität verfügen (Lotta, Vidgren, Tilgmann, Ulmanen, Melen & Julkunen, 1995). Zum zweiten ist Dopamin an den Aufmerksamkeitsmechanismen beteiligt. So zeigen beispielsweise Parkinson-Patienten aufgrund der Atrophie der Dopamin erzeugenden Substantia nigra-Neuronen Behinderungen einiger ausführender Funktionen einschließlich bestimmter Aufmerksamkeitsprozesse (Hayes, Davidson, Keele & Rafal, 1998; Tamaru, 1997). Des Weiteren kann eine unterbrochene Hemmung der Dopamin-Wirkung im präfrontalen, striatalen Bereich an einigen Aufmerksamkeitsstörungen beteiligt sein (z. B. Solanto, 2002). Schließlich haben einige Gehirn-Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren während Hypnose eine selektive Aktivierung des vorderen Gyrus cinguli gezeigt, einer Region, die sehr stark von dopaminergen Neuronen innerviert ist (Crawford, Horton, Harrington, Vendemia, Plantee, Jung & Downs,

1998 b; Crawford, Horton, Harrington, Hirsch, Downs, Fox, Daugherty & Downs, 2000; Halligan, Athwal, Oakley & Franckowiak, 2000; Rainville, Duncan, Price, Carrier & Bushnell, 1997; Szechtman, Woody, Bowers & Nahniak, 1998).

Zur weiteren Bewertung führen Lichtenberg et al. (2004) mit Untersuchungen der gleichen Teilnehmergruppe fort. Zusätzlich zu den Blutproben für die genetische Analyse erhielten sie vor der Untersuchung mittels SHSS:C den Cloninger Tridimensional Questionnaire (TPQ; Cloninger, 1987; Cloninger, Przybeck, Svrakic & Wetzel, 1994), das Differential Attentional Processes Inventory (DAPI; Crawford, Brown & Moon, 1993) und die Tellegen Absorption Scale (TAS; Tellegen, 1982; Tellegen & Atkinson, 1974). Hoch hypnotisierbare Personen zeigten mehr Absorption und größere Befähigung zu fokussierter Aufmerksamkeit sowohl beim TAS als auch beim DAPI, was früheren Untersuchungen entsprach.

Zum ersten Mal in der Literatur berichteten Lichtenberg et al. (2004) über einen Zusammenhang zwischen Hypnotisierbarkeit und der im TPQ ermittelten Dimension der Beharrlichkeit (persistence), die sich in der Tendenz zum Durchhalten trotz Frustration zeigt, anstatt entmutigt aufzugeben, wenn die Erwartungen nicht sogleich befriedigt werden (Cloninger, Svrakic & Przybeck, 1993). Beharrlichkeit ähnelt einer bemühten, gerichteten Aufmerksamkeit und aufrecht erhaltenen Motivation. Die hierarchische multiple Regressionsanalyse ergab, dass Beharrlichkeit im TPQ, COMT, TAS und den DAPI Aufmerksamkeits-Skalen 43,8 % der Varianz bei Frauen und 29 % der Varianz bei Männern erklärten.

Von besonderer Bedeutung in dieser Untersuchung ist, dass die COMT-met-Allele mit den präfrontalen exekutiven Funktionen in Zusammenhang steht (Egan, Goldberg, Kolachana, Callicott, Mazzanti, Straub, Goldman & Weinberger, 2001; Malhotra, Kestler, Mazzanti, Bates, Goldberg & Goldman, 2002; Weinberger, Egan, Bertolino, Callicott, Mattay, Lipska, Berman & Goldberg, 2001). COMT und Serotonin-Polymorphismen interagieren gemeinsam mit der im TPQ ermittelten Beharrlichkeit (Benjamin, Osher, Lichtenberg, Bachner-Melman, Gritsenko, Kotler, Belmaker, Valsky, Drendel & Ebstein, 2000). Gusnard und Kollegen haben das neuroanatomische Substrat der Beharrlichkeit ermittelt und im lateral orbitalen und medialen präfrontalen Cortex lokalisiert. Ist das der Fall, so stützt die Arbeit von Lichtenberg und Kollegen des Weiteren die These, dass hoch hypnotisierbare Personen wohl über ein effektiveres frontales Aufmerksamkeitssystem verfügen.

Lichtenberg und Kollegen zeigten, dass Individuen mit COMT-val/val-Genotyp signifikant geringer hypnotisierbar waren als jene mit val/met- oder met/met-COMT-Genotyp. Personen mit val/val-Genotyp schnitten im Wisconsin Card Sorting Test (WCST), einem bekannten Messinstrument für die Frontallappen-Funktion, schlechter ab (Egan et al., 2001; Malhotra et al., 2002). Fossella, Sommer, Fan, Wu, Swanson, Pfaff und Posner (2002) fanden heraus, dass Individuen mit val/val-Genotyp sowie einem bestimmten Monoaminase-Genotyp (4/4) einen signifikant niedrigeren

Testwert in exekutiver Aufmerksamkeit erreichen. Weiter erreichten Träger des met-Allels bessere Werte bei einem Buchstaben-/Zahlen-Sequenz-Test, unterschieden sich jedoch nicht von anderen Teilnehmern eines Arbeitsgedächtnis-Tests (working memory, WM) (Bruder, Keilp, Xu, Shikhman, Schori, Gorman & Gilliam, 2004). Bruder et al. schlagen demnach vor: "Der COMT-Genotyp hat keine Beziehung zur Informationsspeicherung im WM, wohl aber zu exekutiven kognitiven Prozessen, wie sie im Buchstaben-Zahl-Test und im WCST ermittelt werden." Gunning-Dixon, Funke, Bates, Kucherlapati und Malhorta (2004) unterstützen weiter diese Befunde und ermittelten, dass das Vorhandensein des met-Allels bei gesunden Probanden mit besseren Werten für Aufmerksamkeits- und Durchführungs-Geschwindigkeit einher geht. In Anbetracht dieser Tatsache erwarten wir, dass unsere gering hypnotisierbaren wohl weniger rasch verarbeiten und niedrigere Aufmerksamkeitswerte haben. In einem späteren Abschnitt bringen wir die Verarbeitungs-Geschwindigkeit mit der hypnotischen Empfänglichkeit in Zusammenhang.

Natürlich wird es weiterer Untersuchungen bedürfen, um dies für dopaminerge Mechanismen in Hypnose zu bestätigen. Die einzig bekannte Untersuchung zur Erforschung der Dopamin-Aktivität bezüglich Hypnotisierbarkeit stammt von Spiegel und King (1992). Sie fanden, dass der cerebrospinale Flüssigkeitslevel der Homovanillinsäure (HVA), eines Dopamin-Metaboliten, mit Hypnotisierbarkeit positiv korreliert. Diese Untersuchung lässt vermuten, dass hoch hypnotisierbare Individuen wohl über einen besseren Dopamintonus verfügen. In einer jüngst erstellten Studie (Raz, 2003) wird der Zusammenhang zwischen Hypnotisierbarkeit und dopaminergem Polymorphismus untersucht.

Schließlich können, wie von Horton und Crawford (im Druck) aufgeworfen, Einflüsse aus dem sozialen Umfeld, die auf die genetische Prädisposition einwirken, für die hypnotische Suggestibilität von Bedeutung sein. Die Autoren schreiben: "Black und Greenough (1991) meinen, es sei zu erwarten, dass eine genetische Prädisposition, wie sie sich an speziellen Allelen zeigt, auf bestimmte Reize aus der Umgebung trifft und in der Folge zur Weiterentwicklung von diesen Reizen abhängt. Wenn diese sozialen und umweltbedingten Einflüsse nicht eintreten, so wird die neurale Entwicklung in anderer Richtung verlaufen. Demnach kann man gemäß der Idee der beiden Autoren von der auf Erfahrungserwartung und Erfahrungsabhängigkeit sich gründenden neuronalen Plastizität folgern, dass die erblich bedingten Faktoren der Hypnotisierbarkeit veränderbar sind und von der jeweils spezifischen sozialen und umweltabhängigen Situation des Individuums beeinflusst werden (z. B. J.R. Hilgard. 1070/1979; Nadon, Laurence & Perry, 1989; Woody, Bowers & Oakman, 1992)."

Die Effektivität des exekutiven Aufmerksamkeits-Netzwerks scheint in hohem Maße ererbt zu sein (z. B. Fan, McCandliss, Sommer, Raz & Posner, 2001). Weitere Untersuchungen der genetischen Korrelate hypnotischer Beeinflussbarkeit werden uns helfen, die individuellen Unterschiede des Aufmerksamkeits-Netzwerks besser zu

verstehen. In die zukünftige Forschung sollten zusätzlich zu COMT die dopaminergen Gene mit einbezogen werden, die sowohl mit dem Aufmerksamkeits-Netzwerk als auch mit der exekutiven Kontrolle zusammen hängen.

Stehen neuroanatomische Unterschiede mit der Hypnotisierbarkeit in Zusammenhang?

Seit die magnetische Resonanzcomputertomographie (MRI) aufgekommen ist, können neuroanatomische Unterschiede sowohl bei gesunden als auch bei neurologisch oder psychopathologisch erkrankten Personen einfacher untersucht werden. Bei ihrer Untersuchung funktionaler MRI (fMRT) Korrelate von Schmerz und hypnotischer Analgesie waren Horton und Crawford davon fasziniert (Crawford et al., 1998, 2000). Folgende, in der Literatur noch nicht angesprochene Frage wurde aufgeworfen: Wenn es bezüglich der Hypnotisierbarkeit genetische Unterschiede gibt, könnten demnach auch neuroanatomische Unterschiede zwischen hoch und gering hypnotisierbaren Individuen bestehen? Wir freuen uns, den Lesern mitteilen zu können, dass uns in dieser Forschungsfrage der Durchbruch in neues Terrain gelungen ist und wir in Kürze über die erste MRI-Studie berichten werden (Horton, Crawford, Harrington & Downs, 2004), in der Unterschiede der Gehirnstruktur im Rostrum des Corpus callosum (Balken) zwischen hoch und gering suggestiblen, gesunden, rechtshändigen jungen Erwachsenen gezeigt werden.

Horton et al. entschieden sich, zunächst das Corpus callosum, jenen großen Gewebestrang, der die beiden Gehirn-Hemisphären miteinander verbindet, zu untersuchen. Er spielt eine Schlüsselrolle in der Kommunikation zur Integration der Sinneswahrnehmung, der Hemmung und der Aufmerksamkeits-Verarbeitung zwischen den beiden Hemisphären (z. B. Banich, 1998; Übersichtsarbeit vgl. Zaidel & Iacoboni, 2003). Sie gingen von folgenden Überlegungen aus: Hypnotische Analgesie scheint einen aktiven Hemmungsprozess der überwachenden exekutiven Kontrolle des vorderen frontalen Cortex zu benötigen, unter wechselseitiger Beteiligung und Modulation anderer Gehirn-Areale (als Übersichtsarbeit vgl. Crawford, 1994, 1999; Crawford, Knebel, Vendemia & Horton, 1999; alternative Sicht: vgl. Miller und Bowers, 1993). Wir glauben, dass dieser Prozess mit fMRT (Crawford et al., 1998, 2000) und Positronen-Emissions-Tomographie (Faymonville et al., 2000, 2003; Maquet et al., 1999; Rainville et al., 1997, 1999, 2002; Wik et al., 1999) bewiesen wird, ferner durch Studien des regionalen cerebralen Blutflusses (Crawford, Gur, Skolnick, Gur & Benson, 1993) und durch elektrophysiologische Untersuchungen (Crawford, Knebel, Kaplan, Vendemia, Xie, Jamison & Pribram, 1998c; De Pascalis & Perrone, 1996 [vgl. De Pascalis in diesem Heft]; Kropotov, Crawford & Poliakov, 1997). Hypnose wurde auch benutzt, um die Gefühle von Phantomgliedern zu modifizieren und zu kontrollieren, und die entsprechenden Änderungen konnten durch PET beobachtet werden (Rosen et al., 2001). Es ist dabei wichtig festzuhalten, dass die hypnotische Analgesie nicht

durch das opiate Endorphinsystem bewirkt wird sondern durch andere Prozesse (Barber & Mayer, 1977; Goldstein & Hilgard, 1975; Spiegel & Albert, 1983; Zachariae et al., 1998). In unserem eigenen Modell nehmen wir an, dass hoch Hypnotisierbare im Vergleich zu wenig Hypnotisierbaren ein effektiveres frontales Aufmerksamkeits- und Hemmungs-Kontroll-System besitzen, das mit anderen Teilen des Gehirns bei der Herstellung einer hypnotischen Analgesie interagiert (zur Übersicht vgl. Crawford, 1994; Crawford & Gruzelier, 1992; Crawford et al., 1999; Gruzelier, 1999; Horton & Crawford, in Druck).

Angesichts dessen und im Lichte vorausgegangener neuroanatomischer MRI-Untersuchungen erwarteten Horton und Mitarbeiter, dass das vordere Corpus callosum - der am interhemisphärischen Informationsaustausch und der exekutiven Verarbeitung des frontalen Cortex beteiligte Bereich (Clarke, Kraftsik, Van der Loos & Innocenti, 1998; Gazzaniga, 1995; Rueckert & Levy, 1996; Witelson, 1985) - bei hoch hypnotisierbaren Personen größer sein würde. Wir möchten hervorheben, dass die bei dieser Studie beteiligten hoch hypnotisierbaren Versuchspersonen wahre "Virtuosens" waren, indem sie die Wahrnehmung von Schmerz und Unannehmlichkeiten der experimentellen Schmerzreize (Eiswasser-Test, elektrische Stimuli) völlig aus dem Bewusstsein ausblenden konnten. Die gering hypnotisierbaren Probanden konnten das natürlich nicht.

Von acht hoch Hypnotisierbaren und zehn gering Hypnotisierbaren wurden anatomische MRI-Bilder als Teil der fMRT-Studie zur hypnotischen Analgesie aufgezeichnet (Crawford et al., 1998 b, 2000). Sie wurden dann blind ausgewertet, ohne Kenntnis der jeweiligen hypnotischen Empfänglichkeit und des Geschlechts. Die Corpus-callosum-Abschnitte wurden identifiziert und basierend auf der von Clarke et al. (1989) verwendeten Radial-Divisionsmethode (radial method of division) aufgeteilt. Zusätzlich wurde das Rostrum entsprechend der von Witelson (1985) eingesetzten geradlinigen Teilungsmethode (straightline method of division) unterteilt. Weitere Einzelheiten sind bei Horton et al. (2004) nachzulesen. Insgesamt verfügten die hoch Suggestiblen über ein signifikant ($p < .003$) größeres (31,8%) Rostrum als die gering Suggestiblen. Keine Unterschiede konnten im Balkenknie (lat. genu) festgestellt werden. Es gab keine durch das Geschlecht bestimmten signifikanten Haupteffekte oder Wechselwirkungen, und es ergaben sich keine signifikanten Haupteffekte oder Wechselwirkungen in anderen Corpus-callosum-Bereichen oder im Corpus callosum insgesamt.

Können wir eine - wenn auch vorläufige und spekulative Verbindung zum vorigen Abschnitt über genetische Korrelate der Hypnotisierbarkeit herstellen? Entgegen früheren Befunden (Rakic & Yakovlev, 1968) ist das Rostrum zum Zeitpunkt der Reifung des Balkenknie bereits vorhanden und phylogenetisch und embryologisch älter als das menschliche Balkenknie (Kier & Truwit, 1997). Ein genetischer Einfluss auf die Größe des Corpus callosum zeigt sich daran, dass er bei monozygoten Zwillingen

ähnlicher ist (Oppenheim, Skerry, Tramo & Gazzinaga, 1989); allerdings hat sich bei Untersuchungen an Ratten (Juraska & Kopcik, 1988) gezeigt, dass eine reichhaltigere Umwelt das Corpus callosum oft größer werden lässt. Solche Arbeiten unterstützen die interaktionistische Sicht, dass Sozial- und Umweltbedingungen die genetische Disposition in ihrer neuronalen Plastizität und Entwicklung beeinflussen und somit vielleicht auch die hypnotische Empfänglichkeit.

Wir hoffen, unsere Arbeit (Horton et al., 2004; Lichtenberg et al., 2000, 2004) möge auch andere Wissenschaftler herausfordern, sich unserer faszinierenden und vielschichtigen Erforschung genetischer und neuroanatomischer Korrelate der hypnotischen Empfänglichkeit anzuschließen.

Besteht ein Zusammenhang zwischen neuraler Effizienz und Unterschieden in der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit mit hypnotischer Empfänglichkeit?

Woodworth (1938) schrieb: "Die Zeit ist eine Dimension eines jeden mentalen Prozesses, der gemessen werden kann, und sie kann als Indikator für die Komplexität von Leistung dienen oder für die Bereitschaft einer Person, etwas zu leisten" (S. 298). Bei Verhaltensuntersuchungen wird die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung üblicherweise indirekt gemessen, indem man von der Reaktionszeit zurückschließt auf die neurale Verarbeitungszeit. Posner (1978) hat dafür den Begriff mentale Chronometrie (mental chronometry) geprägt. Die Reaktionszeit umfasst gewöhnlich die für den Reiz erforderliche Zeit, den entsprechenden Sinnes-Rezeptor zu aktivieren, die Zeit für das sich ergebende neurale Signal, um anzukommen und vom Gehirn bearbeitet zu werden, sowie die Zeit, die nötig ist, damit die Rückmeldung vom Gehirn die entsprechende Muskelgruppe aktiviert. Bei psychophysiologischen Untersuchungen mittels ereignisbezogener Potentiale (ERP) können sich hinsichtlich der Informationsgeschwindigkeit und der neuronalen Verarbeitung Störungen ergeben durch die Analyse der Latenz bestimmter ERP-Komponenten.

Hier stellt sich die Frage, ob hoch und gering suggestible Personen auch Unterschiede in der neuronalen Verarbeitungszeit aufweisen. Wir legen hier den Schwerpunkt auf nicht-hypnotische Bedingungen, werden uns aber auch mit einigen Untersuchungen zur Fragestellung befassen, ob dergleichen Unterschiede durch den hypnotischen Zustand auch abgeschwächt werden könnten. Es werden hier eine Reihe von Untersuchungen aus der Literatur wiedergegeben.

Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung: Reaktionszeit

Die Reaktionszeit kann unter einer Reihe einfacher und komplexer Bedingungen gemessen werden. Für eine einfache Messung benötigt man Personen, die auf einen vorhandenen Reiz aus der Umgebung reagieren, während unter Wahl-Bedingungen

die Probanden gebeten werden, unter bestimmten Reizen auszuwählen (z. B. eine Seite oder die andere Seite). Wird der Wert der einfachen Reaktionszeit von dem für die komplexere abgezogen - bekannt als die Subtraktionsmethode nach Donders (1868) -, könne man, Donders zufolge, Zugang erlangen zur Einwirkung der Willenskraft ("action of the will"; Cole, Smid, Scheffers & Otten, 1995). Einen anderen Ansatz bietet die go/no go-Aufgabe, bei der die Probanden ihre Reaktion auf bestimmte Reize verhindern. Es sind eine Menge weiterer Modelle zur Messung der Reaktionszeit entwickelt worden, bei denen nicht nur die Reaktionszeit berücksichtigt wird, sondern auch das Leistungsniveau und die Genauigkeit und Geschwindigkeit manipuliert werden (z. B. Posner, 1978; Coles et al., 1995).

Die möglicherweise erste Untersuchung, die sich mit der Reaktionszeit und Hypnose befasste, wurde 1883 von G. Stanley Hall (1844 - 1924) in der Zeitschrift *Mind* veröffentlicht. Hall promovierte bei William James in Harvard und studierte später mit Wundt in Leipzig. Er war der erste Präsident der American Psychological Association, war Professor an der John Hopkins Universität und Präsident der Clark Universität. Übereinstimmend mit anderen postulierte er, dass Hypnose auf Aufmerksamkeit beruhe, und mit Hilfe eines A-B-A-Designs zeigte er an einigen hypnotisch reagiblen Personen, dass deren einfache Reaktionszeit sich unter Hypnose erheblich verringerte und über die Versuchsdurchgänge weniger variierte (Hall, 1883).

Bis in die sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts wurde häufig die Leistung der Reaktionszeit im Wachzustand und unter Hypnose ausschließlich an hypnotisch suggestiblen Personen untersucht (z. B. Eysenck, 1941). Entweder waren die Reaktionszeiten während des entspannten hypnotischen Zustands verlangsamt (Plapp, 1967) oder verkürzt (z. B. Eysenck, 1941). Nach einer Induktion zur Aktiv-Wach-Hypnose war die Reaktionszeit verkürzt (Ham & Edmonston, 1971), was darauf schließen lässt, dass die Art der angewandten Induktion die hypnotische Reaktionszeit zu verändern vermag. In jüngerer Zeit tauchte dieses Thema wieder in Untersuchungen zu Auswirkungen von Hypnose auf den Stroop-Effekt auf, der als Maßstab für Aufmerksamkeit gilt (MacLeod, 1992); hier wird untersucht, in welchem Ausmaß ein in der nicht passenden Farbe gedrucktes Wort sich als störend erweist, wenn die Farbe benannt werden soll, in welcher das Wort gedruckt ist (also "rot" zu sagen, wenn das Wort "blau" mit roter Tinte gedruckt ist). Das Ausmaß der Nicht-Übereinstimmung wird ermittelt, indem die übereinstimmenden Reaktionszeiten von den nicht übereinstimmenden subtrahiert werden. Dieser Effekt ist üblicherweise schwer zu beeinflussen; dennoch wurde nachgewiesen, dass hoch Suggestible anfälliger sind für Beeinflussung als schwach Suggestible. Es hat sich gezeigt, dass die Stroop-Interferenz sich im hypnotischen und posthypnotischen Zustand verstärkt (z. B. Sheehan, Donovan & MacLeod, 1988), sich indessen unter Suggestionen zur Wachheit abschwächt (Blum & Graef, 1971; Blum & Weiss, 1986; Sheehan et al., 1988). Demnach muss der Grad der Wachheit von hypnotisierten Probanden bei der Erforschung von Reaktionszeiten beachtet werden. Eine weitere Möglichkeit zur Verwirrung liegt in der Verlangsamung

der Sprache, nicht nur bei der hypnotisierten Person, sondern auch bei ihrem Untersuchungsleiter (z. B. Hunt, 1969). So können aufgrund der situativen Anforderungen verbale Reaktionszeiten eher betroffen sein als motorische, was noch systematisch erforscht werden muss.

Wenn anhaltende Aufmerksamkeit ein Korrelat hypnotischer Empfänglichkeit ist, wie wir andernorts vorgeschlagen haben (z. B. Crawford, 1994; Crawford & Gruzelier, 1992; Horton & Crawford, im Druck), dann sind wohl Unterschiede zwischen hoch und gering Suggestiblen nicht nur unter Hypnose, sondern auch in nicht-hypnotischem Zusammenhang zu erwarten. Braffman und Kirsch (2001) fanden, dass höher hypnotisierbare Personen (die auch mehr Neigung zur Fantasie hatten [fantasy prone] und absorbiert waren) über signifikant kürzere einfache Reaktionszeiten verfügten; indessen ließen sich die Reaktionszeiten bei go/no go-Aufgaben nicht anhand des Hypnotisierbarkeitsgrads vorhersagen. Und weiter konnte man die Veränderung der Suggestibilität im Wachzustand und unter hypnotischer Induktion anhand der einfachen Reaktionszeiten voraussagen.

Verwendet man ein Backward-masking-Design, um die Geschwindigkeit der Informationsübermittlung vom ikonischen zum Kurzzeit-Gedächtnis zu untersuchen, so ergab sich, dass hoch Suggestible Information schneller verarbeiten als gering Suggestible (Ingram, Sagguzzo, McNeill & McDonald, 1979). Die Arbeiten von Ingram et al. fortsetzend, fanden auch Acosta und Crawford (1985), dass sich hoch hypnotisierbare Personen weniger gestört zeigten durch eine Gesichtsmaske als gering hypnotisierbare, wenn die durch die Maske erzeugten Verzögerungen in aufsteigender Bedingung voraussagbar waren; diese Ergebnisse ließen sich nicht unter einer Zufalls-Bedingung replizieren. Sie schlossen daraus, dass man aufgrund der Befunde annehmen kann, Unterschiede der Hypnotisierbarkeit bestehen eher dank unterschiedlicher Strategien, Geschicklichkeit und anderer Faktoren, statt aufgrund der Übermittlungsrate an sich. Im Gegensatz dazu fanden Friedman und Kollegen (Friedman, Taub, Sturr, Church et al., 1986; Friedmann, Taub, Sturr & Monty, 1987) bei einem Backward-Masking-Design keine Korrelate zur Hypnotisierbarkeit, berichteten aber von einer rascheren Informationsverarbeitung bei hypnotisierten Probanden.

Bei einer Such-Aufgabe fanden Wallace und Mitarbeiter, dass hoch Suggestible - besonders dann, wenn sie auch noch gute Imaginierer waren - einen bestimmten Buchstaben unter anderen Buchstaben (Wallace & Patterson, 1984) und eingebettete Gegenstände (Priebe & Wallace, 1986) oder Wörter innerhalb von Buchstaben (Wallace, Allen & Weber, 1994) signifikant schneller herausfanden als gering Suggestible. Während die visuelle Suche mit der Aktivierung des oberen parietalen Cortex in Zusammenhang gebracht wurde, zeigen fMRT-Untersuchungen (Manjaly, Marshall, Stephan, Gurd, Zilles & Fink, 2003) während der Suche nach eingebetteten Figuren die alleinige Beteiligung des linken unteren und des linken oberen parietalen Cortex sowie des ventralen prämotorischen Cortex. Wallace und Patterson fanden auch, dass

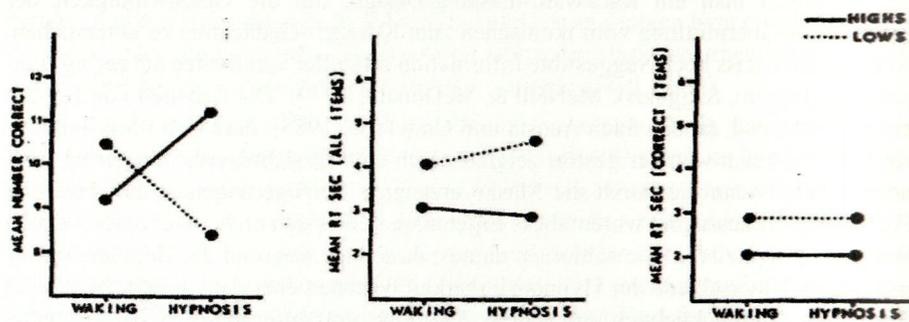
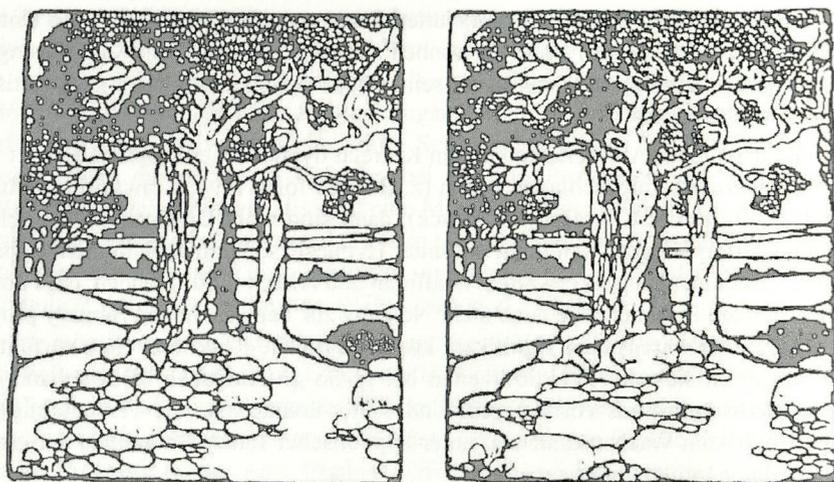


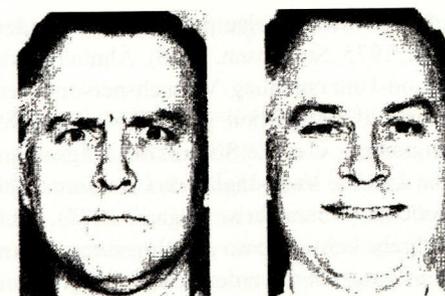
Abb. 1: Leistung in einer sukzessiven visuellen Diskriminationsaufgabe. Oben: Stimulusbeispiele. Unten: Unterschiede in den Reaktionszeiten von niedrig und hoch hypnotisierbaren Vpn unter den Bedingungen Wachen (waking) und Hypnose auf die Frage hin, worin sich die beiden oberen Bilder unterscheiden, die mit einem Interstimulusintervall von 5 sec. gezeigt wurden (Crawford & Allen, 1983).

hoch Suggestible rascher die Additionsaufgabe zweistelliger Zahlen lösen konnten. In einer weiteren Untersuchung fanden Wallace und Kollegen (Wallace, Allen & Propper, 1996), dass hoch Suggestible signifikant schneller Anagramme zu lösen vermochten. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass es hoch Suggestiblen besser gelingt, ablenkende Informationen in lauter Umgebung zu ignorieren, und dass es ihnen während dieser Aufgaben gelingt, eine eher ganzheitliche statt einer detailorientierten Strategie zu befolgen.

Bei einer sukzessiven Diskriminationsaufgabe für das visuelle Gedächtnis fanden Crawford und Allen (1983), dass die hoch Suggestiblen sowohl mit als auch ohne hyp-

notische Induktion rascher reagierten als die schwach Suggestiblen (Abb. 1). Ähnlich ermittelten Mészáros und Kollegen (z. B. Mészáros, Crawford, Szabó, Nagy-Kovács & Révész, 1989), dass hoch Suggestible rascher Unterschiede bei visuell-räumlichen Stimuli feststellen konnten als gering Suggestible. Bei einer komplexeren Entscheidungs-Aufgabe baten Crawford, Harrison und Kapelis (1995) gering und hoch suggestible Personen unter ausgewogenen (counterbalanced) Wach- und Hypnosebedingungen, Gesichter nach ihrem emotionalen Ausdruck (ärgerlich - glücklich) zu beurteilen und sich für eine Aussage zu entscheiden, indem sie eine von zwei Tasten betätigten. Außerdem wurden - zur Untersuchung von Unterschieden der Lateralität - die Gesichter nach Zufall entweder im linken (LVF) oder dem rechten (RVF) Gesichtsfeld des Untersuchungsteilnehmers dargeboten. Dabei war keine Auswirkung zu beobachten. Insgesamt arbeiteten die hoch Suggestiblen - ungeachtet der unterschiedlichen Untersuchungsbedingungen - schneller als die gering Suggestiblen. Ärgerliche Gesichter wurden von den hoch Suggestiblen signifikant rascher im linken als im rechten Gesichtsfeld identifiziert; bei den gering Suggestiblen indessen ergaben sich keine hemisphärischen Unterschiede (vgl. Abb. 2).

Ein interessantes Paradox zur oben berichteten Untersuchung besteht darin, dass hoch Suggestible langsamer reagieren, wenn sie eine duale Aufgabe, d.h. zwei Aufgaben gleichzeitig zu



Anger

Happiness

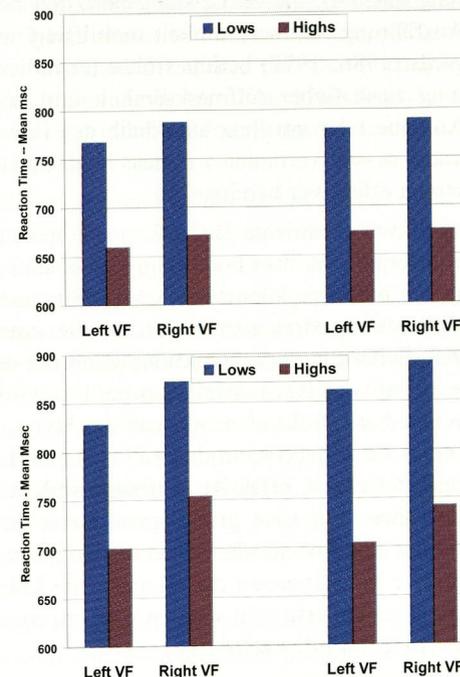


Abb. 2: Reaktionszeit bei der Identifikation von ärgerlichen und glücklichen Gesichtern. Oben: Stimulusbeispiele. Mitte: Reaktionszeit für ärgerliche Gesichter, die beiden linken Balken stehen für die Wachbedingung, die rechten beiden Balken für die Hypnosebedingung. Unten: Mitte: Reaktionszeit für glückliche Gesichter, die beiden linken Balken stehen für die Wachbedingung, die rechten beiden Balken für die Hypnosebedingung (Crawford H.J., Harrison D.W., & Kapelis L., 1995).

erledigen haben, eine davon außerhalb des Bewusstseins (Knox, Crutchfield & Hilgard, 1975; Stevenson, 1976). Ähnlich verhält es sich, wenn in einer klassischen Foreperiod-Untersuchung Versuchspersonen entweder im Wachzustand oder nach einer Taubheits-Suggestion gebeten werden, Warntöne zu ignorieren: Hoch Suggestible zeigten auf visuelle Stimuli hin langsamere Reaktionen als gering Suggestible (Horton, Lamas, Valle-Inglán & Crawford, 1998). Es gibt in der Literatur einige frühere Berichte (Übersicht s. Hilgard, 1977), nach denen hoch Suggestible bei einer dualen Aufgabe keine ebenso gute Leistung zeigen, wenn eine davon außerhalb des Bewusstseins ausgeführt werden soll. Es ist verständlich, dass geteilte Aufmerksamkeit bezüglich einer Aufgabe außerhalb der bewussten Wahrnehmung eine kognitive Anforderung darstellt, die zu Leistungsdefiziten bei der Aufgabe führt, zu deren bewusster Ausführung Aufmerksamkeit mobilisiert werden muss. Diese Befunde stützen Hilgards (1986, 1977) bereits früher formulierten Vorschlag, wonach es der Mobilisierung zusätzlicher Aufmerksamkeit und kognitiver Anstrengung bedarf, wenn eine Aufgabe oder ein Reiz außerhalb des Bewusstseins belassen werden soll. In Anbetracht dessen vermuten wir, dass hoch hypnotisierbare Personen Aufmerksamkeitsreserven effektiver bereitstellen.

Unveröffentlichte Befunde aus Forschungen von Crawford und Horton weisen nun darauf hin, dass hoch Suggestible ihre Aufmerksamkeitsreserven wohl nicht nur anders aufteilen können als gering Suggestible, sie mögen in Hypnose auch andere Verarbeitungsstrategien einsetzen, die unterschiedliche Wirkung auf die kognitive Verarbeitung und die Reaktionszeiten bei dualen Aufgaben haben, wobei eine davon außerhalb des Bewusstseins ausgeführt wird. Das führt dazu, dass manche hoch hypnotisierbare Probanden während der Hypnose schneller, andere langsamer reagieren. Dieses Paradoxon kann dadurch zustande kommen, dass unterschiedliche Prioritäten gesetzt werden, effektive Aufmerksamkeitsreserven unterschiedlich eingesetzt werden oder aber eine grundlegend verschiedenartige neurale Verarbeitung Einfluss nimmt. Zur Zeit werden Untersuchungsdesigns entworfen, mit deren Hilfe mögliche neurale Mechanismen der erleichterten Leistung oder der Leistungsdefizite bei hoch Suggestiblen erforscht werden können, wenn sie ihre Aufmerksamkeit für eine duale Aufgabe aufteilen sollen.

Insgesamt muss weiter erforscht werden, in welchem Ausmaß diese bei hoch- und gering hypnotisierbaren Personen beobachteten Unterschiede der Reaktionszeit aufgrund strategischer und/oder neuraler Verarbeitungsunterschiede bestehen und wie stabil sie unter verschiedenen Aufmerksamkeitsbedingungen sind. Die Reaktionszeit scheint in umgekehrtem Verhältnis zum Dopamin-Level im Gehirn zu stehen (z. B. Callaway, Halliday, Naylor, Yano & Herzig, 1994; Weed & Gold, 1998). Dass hoch hypnotisierbare Personen oft schnellere Reaktionszeiten aufweisen, stützt weiterhin die in diesem Beitrag bereits zuvor vertretene These, dass hoch Suggestible im Vergleich zu gering Suggestiblen über einen höheren Dopamin-Tonus verfügen. Dies

wird im folgenden aus anderer Warte, nämlich in der Auswertung der evozierten Potentiale diskutiert.

Geschwindigkeit der Informations-Verarbeitung: Latenzzeit evozierter Potentiale

Die Art und der Zeitverlauf ereignisbezogener Potentiale (ERP) im Anschluss an einen Reiz können dazu dienen, Phasen der Informationsverarbeitung zu untersuchen. Van der Molen, Bashore, Halliday und Callaway (1991) bezeichneten das als Chronopsychophysiologie. Die ERP-Komponenten werden oft im Sinne ihrer typischen Polarität (positiv oder negativ für die Spitzen und Täler) und Latenz bezeichnet. Es ist wichtig festzuhalten, an welcher Stelle der Kopfhaut (oder intracerebral) diese ERPs gemessen wurden, denn in unterschiedlichen Bereichen können sich erhebliche Abweichungen ergeben, die verschiedenartige Prozesse in unterschiedlichen Gehirnregionen vermuten lassen. Neuerdings ermöglichen Techniken der Quellenanalyse eine Lokalisierung des jeweiligen ERP-Ursprungs im Gehirn. Eine ERP-Analyse ist keine leichte Aufgabe, und man muss vorsichtig sein bei der Interpretation der mit den ERP-Komponenten einhergehenden funktionalen Prozesse.

Betrachtet man die Latenzzeiten der Komponenten und der daraus geschlossenen zugrunde liegenden Prozesse, so herrscht doch eine gewisse Übereinstimmung in der Literatur. So nimmt man beispielsweise an, dass die P300-Latenz - eine Komponente, die auf die Wahrscheinlichkeit eines Stimulus reagiert (je seltener oder neuer, desto größer) - mit der Reizbewertung oder Kategorisierungszeit zusammenhängt (Donchin, 1979). Die P200 kann mit der wahrgenommenen Reizintensität verbunden sein. Die N100 oder Verarbeitungs-Negativität scheint die Informationsauswahl aus einem bestimmten Wahrnehmungskanal wiederzugeben, wohingegen die N200 anscheinend für die Entdeckung abweichender Merkmale steht (Coles et al., 1990). Die Latenzzeit der N200 kovariert mit der Reaktionszeit (Ritter, Simson, Vaughan & Macht, 1982; Renault 1983) und könnte "die Bedeutung der automatischen Merkmalsunterscheidung (angezeigt durch die N200) zur Bestimmung der Latenzzeit der offenen Reaktion widerspiegeln" (Coles, Gratton & Fabiani, 1990, S. 437).

Zur Latenz der ERP-Unterschiede bei hoch und gering hypnotisierbaren Personen gibt es noch wenige Untersuchungen. Generell wird berichtet, dass hoch Hypnotisierbare für bestimmte Komponenten visuell, somatosensorisch und auditiv evozierter Potentiale kürzere Latenzzeiten zeigen (Crawford, Horton & Lamas, 1998; De Pascalis, 1994; Horton, McClain-Furmanski, Mészáros & Crawford, 1998a; Lamas & Crawford, 1997; Norby, Hugdahl, Jasiukaitis & Spiegel, 1999). De Pascalis [vgl. auch in diesem Heft] beobachtete bei hoch Hypnotisierbaren schnellere visuelle P300 auf visuelle Reize als bei gering Hypnotisierbaren. Norby et al. (1999) fanden bei hoch Hypnotisierbaren sowohl im Wachzustand als auch unter Hypnose schnellere visuelle N2 auf Stroop Farbbenennungs-Reize. Somatosensorische ERPs waren bei hoch Hypnotisierbaren im Vergleich zu gering Hypnotisierbaren in vielen gemessenen Berei-

chen von N50 bis P300 schneller in Erwartung und unter Nicht-Beachtung von Schmerzreizen (Horton et al., 1998a). Bei einer Odd-ball-Aufgabe1), bei der die Teilnehmer gebeten wurden, die abweichenden Töne zu zählen, war die auditive N2 schneller (Lamas & Crawford, 1997). Auf die Bitte hin, die Töne zu ignorieren und sich darauf zu konzentrieren, den eigenen Puls zu zählen, fanden Crawford, Corby und Kopell (1996), dass die Intensität der auditiven Stimuli zunahm, die N1-Latenzzeiten bei den schwach Hypnotisierbaren wurden geringer (entsprechend den üblichen Befunden), wohingegen die N1-Latenzzeiten der hoch Hypnotisierbaren sich verlängerten. Die Autoren werteten das als Beweis dafür, dass die hoch Hypnotisierbaren anscheinend mehr Aufmerksamkeitsverarbeitung auf die naheliegende Aufgabe verlangten, insbesondere deshalb, weil die Töne intensiver wurden, und sie reagierten langsamer auf die nicht zu beachtenden Reize.

Diese Ergebnisse wurden als weiterer Beweis dafür angesehen, dass hypnotische Empfänglichkeit mit effizienter Aufmerksamkeitsverarbeitung zusammenhängt, so dass hoch Hypnotisierbare im Vergleich zu gering Hypnotisierbaren ihre Aufmerksamkeit effektiver auf relevante Stimuli und weg von irrelevanten Stimuli lenken können.

Schlussfolgerung

Das Verständnis dessen, wie die neurophysiologischen Grundlagen zum individuellen Ausmaß hypnotischer Reagibilität beitragen, wird wahrscheinlich durch weitere Forschung gefördert, wobei Brücken geschlagen werden zur kognitiven Neurobiologie, zur genetischen Verhaltensforschung und zur klinischen Neurobiologie. Unsere Übersichtsarbeit lässt vermuten, dass - verglichen mit den gering Hypnotisierbaren - die hoch Hypnotisierbaren einen besseren Dopamin-Tonus haben, woraus folgt, dass sie über ein effektiveres anterior-frontales exekutives Kontrollsystem und über ein besseres überwachendes Aufmerksamkeitssystem verfügen, das mit anderen Gehirnanlagen über erregende und hemmende Prozesse im Austausch steht und diese beeinflusst. Wir meinen, dass unser integratives Modell der Neurophysiologie hypnotischer Empfänglichkeit uns ermöglicht, die Beiträge verschiedenster Bereiche mit einzubeziehen - Genetik, Neuroanatomie, Neurochemie, sowie kognitive und Aufmerksamkeitsprozesse. Des Weiteren müssen wir deren wechselseitige Einflüsse beachten und desgleichen deren Austausch mit sozialen und umweltbezogenen Einflüssen. Wir vermuten, dass zukünftige Forschung uns helfen wird, die Bedeutung individueller Unterschiede der hypnotischen Empfänglichkeit zu erkennen und auch die Grundlagen der Hypnose zu begreifen.

Literatur

Acosta, E., & Crawford, H.J. (1985). Iconic memory and hypnotizability: processing speed, skill, or strategy differences? *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 33, 236-245.

- Bakan, P. (1970). Handedness and hypnotizability. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 18, 99-104.
- Banich M.T. (1998). The missing link: The role of interhemispheric interaction in attentional processing. *Brain and Cognition*, 36, 128-57.
- Barber, J., & Mayer, D. (1977). Evaluation of the efficacy and neural mechanism of a hypnotic analgesia procedure in experimental and clinical dental pain. *Pain*, 4, 41-48.
- Bauman, D.E., & Bul', P.I. (1981). Human inheritability of hypnotizability. *Genetika*, 17, 352-356.
- Benjamin, J., Osher, Y., Lichtenberg, P., Bachner-Melman, R., Gritsenko, I., Kotler, M., Belmaker, R.H., Valsky, V., Drendel, M., & Ebstein, R.P. (2000). An interaction between the catechol O-methyltransferase and serotonin transporter promoter region polymorphisms contributes to tridimensional personality questionnaire persistence scores in normal subjects. *Neuropsychobiology*, 41, 48-53.
- Black, J. E. & Greenough, W. T. (1991). Developmental approaches to the memory process. In J. L. Martinez, Jr. & R. P. Kesner (Eds.) *Learning and Memory: A Biological View* (2nd ed.) (pp. 61-91). San Diego: Academic Press, Inc.
- Blum, G.S., & Graef, J. R. (1971). The detection over time of subjects simulating hypnosis. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 19, 211-224.
- Blum, G.S., & Weiss, F. (1986). Attenuation of symbol/word interference by posthypnotic negative hallucination and agnosia. *Experimentelle und Klinische Hypnose*, 2, 58-61.
- Braffman, W., & Kirsch, I. (2001). Reaction time as a predictor of imaginative suggestibility and hypnotizability. *Contemporary Hypnosis*, 18, 107-119.
- Bruder, G.E., Keilp, J.G., Zu, H., Shikhman, M., Schori, E., Gorman, J.M., & Gilliam, T.C. (2004). Genetics of working memory and executive function: Findings for COMT genotypes. Paper presented at the Society of Biological Psychiatry, New York City.
- Callaway, E., Halliday, R., Naylor, H., Yano, L., Herzig, K. (1994). Drugs and human information processing. *Neuropsychopharmacology*, 10, 9-19.
- Clarke S, Kraftsik R, Van der Loos H, Innocenti GM.(1989). Forms and measures of adult and developing human corpus callosum: is there sexual dimorphism? *Journal of Comparative Neurology*, 280, 213-30.
- Cloninger, C.R. (1987). A systematic method for clinical description and classification of personality variants. *Archives of General Psychiatry*, 44, 573-588.
- Cloninger, C.R., Przybeck, T.R., Svrakic, D.M., & Wetzel, R.D. (1994) *The temperament and character inventory (TCI): a guide to its development and use*. St. Louis: Washington University.
- Cloninger, C.R., Svrakic, D.M., & Przybeck, T.R. (1993). A psychobiological model of temperament and character. *Archives of General Psychiatry*, 50, 975-990.
- Coles, M.G.H., Gratton, G., & Fabiani, M. (1990). Event-related brain potentials. In J.T. Cacioppo & L.G. Tassinari (editors), *Principles of psychophysiology: physical, social and inferential elements* (pp. 413-455). Oxford: Cambridge University Press.
- Coles, M.G.H., Smid, H.G.O.M., Scheffers, M.K., & Otten, L.J. (1995). Mental chronometry

- and the study of human information processing. In M.D. Rugg & M.G.H. Coles (editors), *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (pp.86-131). Oxford: Oxford University Press.
- Crawford H.J. (1994). Brain dynamics and hypnosis: Attentional and disattentional processes. *International Journal of Clinical Experimental Hypnosis*, 42, 204-32.
- Crawford, H. J. (1996). Cerebral brain dynamics of mental imagery: Evidence and issues for hypnosis. In Kunzendorf, R.G., Spanos, N., & Wallace, B. (Eds.), *Imagination and Hypnosis* (pp. 253-281). Baywood Press.
- Crawford, H.J. (1999). Cerebral brain dynamics of pain and hypnotic analgesia. In C. Taddei-Farretti & C. Musio (Eds). *Neuronal bases and psychological aspects of consciousness* (pp. 236-255). Singapore: World Scientific.
- Crawford, H.J., & Allen, S.N. (1983). Enhanced visual memory during hypnosis as mediated by hypnotic responsiveness and cognitive strategies. *Journal of Experimental Psychology*, 112, 662-685.
- Crawford, H.J., Brown, A.M., & Moon, C.E. (1993). Sustained attentional and disattentional abilities: Differences between low and highly hypnotizable persons. *Journal of Abnormal Psychology*, 102, 534-543.
- Crawford, H.J., Corby, J.C., & Kopell, B.S. (1996). Auditory event-related potentials while ignoring tone stimuli: attentional differences reflected in stimulus intensity and latency responses in low and highly hypnotizable persons. *International Journal of Neuroscience*, 85, 57-69.
- Crawford H.J., & Gruzelier J.H. (1992). A midstream view of the neuropsychophysiology of hypnosis: recent research and future directions. In: Fromm E, Nash MR, editors. *Contemporary hypnosis research* (pp. 227-66). New York: Guilford Press.
- Crawford H.J., Gur R.C., Skolnick B., Gur R.E., & Benson D.M. (1993). Effects of hypnosis on regional cerebral blood flow during ischemic pain with and without suggested hypnotic analgesia. *International Journal of Psychophysiology*, 15, 177-91.
- Crawford H.J., Harrison D.W., & Kapelis L. (1995) Visual field asymmetry in facial affect perception: moderating effects of hypnosis, hypnotic susceptibility level, absorption and sustained attentional abilities. *International Journal of Neuroscience*, 82, 11-23.
- Crawford, H.J., Horton, J.E., & Lamas, J. (1998a). Information processing speed is faster for highly hypnotizable than low hypnotizable persons: Evidence from behavioral reaction time and event-related potential studies. *International Journal of Psychophysiology*, 30, 84.
- Crawford H.J., Horton J.E., Harrington G.C., Vendemia J.M.C., Plantec M.B., Jung S., & Downs, III, J.H. (1998b). Hypnotic analgesia (disattending pain) impacts neuronal network activation: an fMRT study of noxious somatosensory TENS stimuli. *Neuroimage* 7, S436.
- Crawford, H J., Horton, J.E., Harrington, G.S., Hirsch Downs, T., Fox, K., Daugherty, S., & Downs III, J.H. (2000). Attention and disattention (hypnotic analgesia) to noxious somatosensory TENS stimuli: fMRT differences in low and highly hypnotizable individuals. *NeuroImage*, 11, S44.
- Crawford H.J., Knebel T., Kaplan L., Vendemia J.M.C., Xie M., Jamison S., & Pribram, K. (1998c). Hypnotic analgesia: 1. Somatosensory event-related potential changes to noxious stimuli and 2. Transfer learning to reduce chronic low back pain. *International Journal of Clinical Experimental Hypnosis*, 46, 92-132.
- Crawford H.J., Knebel T., Vendemia J.M.C., Horton J.E. (1999). La naturaleza de la analgesia hipnótica: bases y evidencias neurofisiológicas. *Anales de psicología* 15, 133-146.
- De Pascalis, V. (1994). Event-related potentials during hypnotic hallucination. *International Journal of Clinical Experimental Hypnosis*, 42, 39-55.
- De Pascalis V., & Perrone M. (1996). EEG asymmetry and heart rate during experience of hypnotic analgesia in high and low hypnotizables. *International Journal of Psychophysiology*, 21, 163-75.
- Donders, F.C. (1868). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*, 30, 412-431.
- Donchin, E. (1979). Event-related brain potentials: A tool in the study of human information processing. In H. Begleiter (ed.), *Evoked potentials and behavior* (pp. 13-75). New York: Plenum Press.
- Egan, M.F., Goldberg, T.E., Kolachana, B.S., Callicott, J.H., Mazzanti, C.M., Straub, R.E., Goldman, D., Weinberger, D.R. (2001). Effect of COMT VAL108-158 Met genotype on frontal lobe function and risk for schizophrenia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98, 6917-6922.
- Eysenck, H.J. (1941). An experimental study of the improvement of mental and physical functions in the hypnotic state. *British Journal of Medical Psychology*, 18, 304-316.
- Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M.I. (2001). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 340-347.
- Faymonville, M.E., Laureys, S., Degueldre, C., DelFio, G., Luxen, A., Franck, G., Lamy, M. & Maquet, P. (2000). Neural mechanisms of antinociceptive effects of hypnosis. *Anesthesiology*, 92, 1257-1267.
- Faymonville, M.E., Roediger, L., Del Fio, G., Delgueldre, C., Phillips, C., Lamy M., Luxen, A., Maquet, P., & Laureys, S. (2003). Increased cerebral functional connectivity underlying the antinociceptive effects of hypnosis. *Brain Research, Cognitive Brain Research*, 17, 255-262.
- Fosella, J., Sommer, T., Fan, J., Wu, Y., Swanson, J.M., Pfaff, D.W., & Posner, M.I. (2002). Assessing the molecular genetics of attention networks. *BMC Neuroscience*, 3, 14. (<http://www.biomedcentral.com/1471-2202/3/14>)
- Friedman, H., Tuab, H.A., Sturr, J.F., Church, K.L., & Monty, R.A. (1986). Hypnotizability and speed of visual information processing. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 34, 234-241.
- Friedman, H., Tuab, H.A., Sturr, J.F., & Monty, R.A. (1987). Visual information processing speed in hypnotized and non-hypnotized subjects. *Journal of General Psychology*, 114, 363-372.
- Gazzaniga MS. (1995). Principles of human brain organization derived from split-brain studies. *Neuron*, 14, 217-28.
- Gfeller, J.D., Lynn, S.J., & Pribble, W.E. (1987). Enhancing hypnotic susceptibility: Interpersonal and rapport factors. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 586-595.

- Goldstein, A., & Hilgard, E.R. (1975). Failure of the opiate antagonist naloxone to modify hypnotic analgesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 72, 2041-2043.
- Gorassini, D.R., & Spanos, N.P. (1986). A social cognitive skills approach to the successful modification of hypnotic susceptibility. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50, 1004-1012.
- Gruzelier J. (1999). Hypnosis from a neurobiological perspective: A review of evidence and applications to improve immune function. *Anales de psicologia*, 15, 11-32.
- Gunning-Dixon, F., Funke, B., Bates, J.A., Kucherlapati, R., Malhotra, A.K. (2004). The influence of COMT Val158Met on processing speed and attention in healthy volunteers. Paper presented at the Society of Biological Psychiatry, New York City.
- Gur, R.C., & Gur, R.E. (1974). Handedness, sex, and eyedness as moderating variables in the relation between hypnotic susceptibility and functional brain asymmetry. *Journal of Abnormal Psychology*, 83, 635-643.
- Gusnard, D.A., Ollinger, J.M., Shulman, G.L., Cloninger, C.R., Price, J.L., Van Essen, D.C., & Raichle, M.E. (2003). Persistence and brain circuitry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, 3479-3484.
- Hall, G.S. (1883). Reaction-time and attention in the hypnotic state. *Mind*, 8, 170-182.
- Halligan, P.W., Athwal, B.S., Oakley, D.A., & Frackowiak, R.S. (2000). Imaging hypnotic paralysis: implications for conversion hysteria. *Lancet*, 355, 986-987.
- Ham, M.W. & Edmonston, W.E. (1971). Hypnosis, relaxation, and motor retardation. *Journal of Abnormal Psychology*, 77, 329-331.
- Hayes, A.E., Davidson, M.C., Keele, S.W., & Rafal, R.D. (1998). Toward a functional analysis of the basal ganglia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 178-198.
- Hilgard, E.R. (1977). *Divided Consciousness: Multiple Controls in Human Thought and Action*. New York: Wiley-Interscience.
- Hilgard, J.R. (1970/1979). *Personality and hypnosis: A study of imaginative involvement*. Chicago: University of Chicago Press.
- Horton J.E., & Crawford H.J. (In press). Neurophysiological and genetic determinants of high hypnotisability. In: Heap M, Brown RJ, Oakley DA, editors. *High hypnotisability: theoretical, experimental and clinical issues*. London: Brunner/Routledge.
- Horton, J.E., Crawford, H.J., Harrington, G., & Downs, III, J.H. (2004). Increased anterior Corpus Callosum size associated positively with hypnotizability and the ability to control pain. *Brain*, 127, 1741-47.
- Horton, J.E., Lamas, J., Valle-Inclán, F. & Crawford, H.J. (1998) Intending to Ignore in Waking and Hypnosis: Influence of Hypnotizability, Sex, State and Hand used on Classic Foreperiod Reaction Time Effect. *International Journal of Psychophysiology*, 30, 238.
- Horton, J.E., McClain-Furmanski, D., Mészáros, I., & Crawford, H.J. (1998) To Inhibit Pain is to Actively Shift Conscious Awareness: Somatosensory Event-Related Potential Evidence During Hypnotic Analgesia. *International Journal of Psychophysiology*, 30, 234-235.
- Hunt, S.M. (1969). The speech of the subject under hypnosis. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 17, 209-216.
- Ingram R.E., Saccuzzo D.P., McNeill B.W., & McDonald R. (1979). Speed of information processing in high and low susceptible subjects: a preliminary study. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 27, 42-47.
- James, W. (1890). *Principles of psychology*. 2 vols. New York: Holt.
- Juraska JM, Kopcik JR. (1988). Sex and environmental influences on the size and ultrastructure of the rat corpus callosum. *Brain Research*, 450, 1-8.
- Kier E.L., & Truwit, C.L. (1997). The lamina rostralis: modification of concepts concerning the anatomy, embryology, and MR appearance of the rostrum of the corpus callosum. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, 18, 715-22.
- Knox, V.J., Crutchfield, L., & Hilgard, E.R. (1975). The nature of task interference in hypnotic dissociation: an investigation of hypnotic behavior. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 23, 305-323.
- Kropotov J.D., Crawford H.J., & Polyakov Y.I. (1997). Somato-sensory event-related potential changes to painful stimuli during hypnotic analgesia: anterior cingulate cortex and anterior temporal cortex intracranial recordings. *International Journal of Psychophysiology*, 27, 1-8.
- Lamas, J. R., & Crawford, H. J. (1997). Auditory event-related potentials and attention: Effects of posthypnotic suggested deafness and hypnotizability level. *International Journal of Psychophysiology*, 25, 72.
- Lichtenberg, P., Bachner-Melman, R., Gritsenko, I., & Ebstein, R.P. (2000). Exploratory association study between catechol-O-methyltransferase (COMT) high/low enzyme activity polymorphism and hypnotizability. *American Journal of Medical Genetics*, 96, 771-774.
- Lichtenberg, P., Bachner-Melman, R., Ebstein, R.P. & Crawford, H.J. (2004). Hypnotic susceptibility: Multidimensional relationships with Cloninger's tridimensional personality questionnaire, COMT polymorphisms, absorption and attentional characteristics. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 52, 47-72.
- Lolla, T., Vidgren, J., Tilgmann, C., Ulmanen, I., Melen, K., Julkunen, I., Taskinen, J. (1995). Kinetics of human soluble and membrane-bound catechol O-methyltransferase: a revised mechanism and description of the thermolabile variant of the enzyme. *Biochemistry*, 34, 4202-4210.
- MacLeod, C.M. (1992). The Stroop task: The "gold standard" of attentional measures. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 12-14.
- Malhotra, A.K., Kestler, L.J., Mazzanti, C., Bates, J.A., Goldberg, T., & Goldman, D. (2002). A functional polymorphism in the COMT gene and performance on a test of pre-frontal cognition. *American Journal of Psychiatry*, 159, 652-654.
- Manjaly, Z.M., Marshall, J.C., Stephan, K.E., Gurd, J.M., Zilles, K., & Fink, G.R. (2003). In search of the hidden: an fMRT study with implications for the study of patients with autism and with acquired brain injury. *Neuroimage*, 19, 674-683.
- Maquet, P., Faymonville, M.E., Degueldre, C., Delfiore, G., Franck, G., Luxen, A., & Lamy, M. (1999). Functional neuroanatomy of hypnotic state. *Biological Psychiatry*, 45, 327-333.
- Mészáros, I., Crawford, H. J., Szabó, Cs., Nagy-Kovács, A., & Révész, M. A. (1989). Hypnotic susceptibility and cerebral hemisphere preponderance. In V. Gheorghiu, P. Netter, H. Eysenck, & R. Rosenthal (Eds.), *Suggestion and Suggestibility: Theory and Research* (pp.

- 191-203). Heidelberg and New York: Springer-Verlag.
- Miller M.E., & Bowers K.S. (1993). Hypnotic analgesia: dissociated experience or dissociated control? *Journal of Abnormal Psychology*, 102, 29-38.
- Morgan, A. H. (1973). The heritability of hypnotic susceptibility in twins. *Journal of Abnormal Psychology*, 82, 55-61.
- Morgan, A.H., Hilgard, E.R., & Davert, E.C. (1970). The heritability of hypnotic susceptibility of twins: A preliminary report. *Behavior Genetics*, 1, 213-224.
- Morgan, A.H., Johnson, D.L., & Hilgard, E.R. (1974). The stability of hypnotic susceptibility: A longitudinal study. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 22, 249-257.
- Nadon, R., Laurence, J., & Perry, C. (1989). Interactionism: cognition and context in hypnosis. *British Journal of Experimental and Clinical Hypnosis*, 6, 141-150.
- Norby, H., Hugdahl, K., Jasiukaitis, P., & Spiegel, D. (1999). Effects of hypnotizability on performance of a Stroop task and event-related potentials. *Perceptual and Motor Skills*, 88, 819-830.
- Oppenheim J.S., Skerry J.E., Tramo M.J., & Gazzaniga J.S. (1989). Magnetic resonance imaging morphology of the corpus callosum in monozygotic twins. *Annals of Neurology*, 16, 100-4.
- Piccione, C., Hilgard, E.R., & Zimbardo, P.G. (1989). On the degree of stability of measured hypnotizability over a 25-year period. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56, 289-295.
- Plapp, J.M. (1967). Hypnosis, conditioning, and physiological responses. *Proceedings of the Annual Convention of the American Psychological Association*, 2, 141-142.
- Posner, M. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Priebe, F.A., & Wallace, B. (1986). Hypnotizability, imaging ability, and the detection of embedded objects. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 34, 320-329.
- Rainville, P., Duncan, G.H., Price, D.D., Carrier, B., & Bushnell, M.C. (1997). Pain affect encoded in human anterior cingulate but not somatosensory cortex. *Science*, 277, 968-971.
- Rainville, P., Hofbauer, R.K., Bushnell, M.C., Duncan, G.H., & Price, D.D. (2002) Hypnosis modulates activity in brain structures involved in the regulation of consciousness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 887-901.
- Rainville, P., Hofbauer R.K., Paus T., Duncan G.H., Bushnell M.C., & Price D.D. (1999) Cerebral mechanisms of hypnotic induction and suggestion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 110-25.
- Rakic P., & Yakovlev, P.I. (1968). Development of the corpus callosum and cavum septi in man. *Journal of Comparative Neurology*, 132, 45-72.
- Rawlings, R.M. (1977). The genetics of hypnotisability. Unpublished doctoral thesis. The University of New South Wales, Sydney, Australia.
- Raz, A. (November, 2003). Neuroimaging and genetic assays of hypnotic phenomena. Paper presented at the annual meeting of the Society for Clinical and Experimental Hypnosis, Chicago, IL.
- Renault, B. (1983). The visual emitted potentials: clues for information processing. In A.W.K. Gaillard & W. Ritter (Eds.), *Tutorials in event-related potential research: Endogenous components* (pp. 159-176). Amsterdam: North-Holland.
- Ritter, W., Simson, R., Vaughan, H.G., Jr., & Macht, M. (1982). Manipulation of event-related potential manifestations of information processing stages. *Science*, 218, 909-911.
- Rosen, G., Willoch, F., Bartenstein, P., Berner, N., & Rosjo, S. (2001). Neurophysiological processes underlying the phantom limb pain experience and the use of hypnosis in its clinical management: an intensive examination of two patients. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 49, 38-55.
- Rueckert L., & Levy J. (1996). Further evidence that the callosum is involved in sustaining attention. *Neuropsychologia*, 34, 927-35.
- Sheehan, P. W., Donovan, P., & MacLeod, C.M. (1988). Strategy manipulation and the Stroop effect in hypnosis. *Journal of Abnormal Psychology*, 97, 455-460.
- Shor R.E., & Orne E.C. (1962). *Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility: Form A*. Palo Alto, Ca: Consulting Psychologists Press.
- Solanto, M. V. (2002). Dopamine dysfunction in AD/HD: interating clinical and basic neuroscience research. *Behavioural Brain Research*, 130, 65-71.
- Spiegel, D., & Albert, I.H. (1983). Naloxone fails to reverse hypnotic alleviation of chronic pain. *Psychopharmacology*, 81, 140-143.
- Spiegel D., & King R. (1992). Hypnotizability and CSF HVA levels among psychiatric patients. *Biological Psychiatry*, 31, 95-98.
- Stevenson, J.H. (1976). Effect of posthypnotic dissociation on the performance of interfering tasks. *Journal of Abnormal Psychology*, 85, 398-407.
- Szechtman, H., Woody, E., Bowers, K.S., & Nahmias, C. (1998). Where the imaginal appears real: A positron emission tomography study of auditory hallucinations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95, 1965-1960.
- Tamaru, F. (1997). Disturbances in higher function in Parkinson's disease. *European Neurology* 38 Suppl 2, 33-36.
- Tellegen, A. (1982). Brief manual for the Multidimensional Personality Questionnaire. Unpublished manuscript, University of Minnesota, Department of Psychology, Minneapolis.
- Tellegen, A. & Atkinson, G. (1974). Openness to absorbing and self-altering experiences ("absorption"), a trait related to hypnotic susceptibility. *Journal of Abnormal Psychology*, 83, 268-277.
- Van Der Molen, M.W., Bashore, T.R., Halliday, R., & Callaway, E. (1991). Chronopsychophysiology: mental chronometry augmented by psychophysiological time markers. In J. R. Jennings & M.G.H. Coles (editors). *Handbook of cognitive psychophysiology: central and autonomic nervous system approaches*. Chichester: Wiley, pp. 9-178.
- Wallace, B., Allen, P.A., & Propper, R.E. (1996). Hypnotic susceptibility, imaging ability, and anagram-solving activity. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 44, 324-337.
- Wallace, B., Allen, P.A., & Weber, T.A. (1994). Hypnotic susceptibility, imaging ability, and the

- detection of embedded words within letters. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 42, 20-38.
- Wallace, B., & Patterson, S. L. (1984). Hypnotic susceptibility and performance on various attention-specific cognitive tasks. *Journal of Personality and Social Psychology*, 47, 175-181.
- Wallace, B., & Persanyi, M.W. (1989). Hypnotic susceptibility and familial handedness. *Journal of General Psychology*, 116, 345-350.
- Weed, M.R., & Gold, L.H. (1998). The effects of dopaminergic agents on reaction time in rhesus monkeys. *Psychopharmacology*, 137, 33-42.
- Weinberger, D.R., Egan, M.F., Bertolino, A., Callicott, J.H., Mattay, V.S., Lipska, B.K., Berman, K.F., & Goldberg, T.E. (2001). Prefrontal neurons and the genetics of schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 50, 825-844.
- Weitzenhoffer, A.M., & Hilgard, E.R. (1959). *Stanford Hypnotic Susceptibility Scale, Forms A & B*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Weitzenhoffer, A.M., & Hilgard, E.R. (1962). *Stanford Hypnotic Susceptibility Scale, Form C*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Wik, G., Fischer, H., Bragee, B., Finer, B., & Fredrikson, M. (1999). Functional anatomy of hypnotic analgesia: a PET study of patients with fibromyalgia. *European Journal of Pain*, 3, 7-12.
- Witelson, S.F. (1985). The brain connection: the corpus callosum is larger in lefthanders. *Science*, 229, 665-8.
- Woodworth, R.S. (1938). *Experimental psychology*. New York: Holt.
- Woody, E.Z., Bowers, K.S., & Oakman, J.M. (1992). A conceptual analysis of hypnotic responsiveness: experience, individual differences, and context. In E. Fromm & M.R. Nash (Eds.), *Contemporary hypnosis research* (pp. 3-33). New York: Guilford.
- Zachariae, R., Andersen, O.K., Bjerling, P., Jorgensen, M.M., & Arendt-Niesen, L. (1998). Effects of an opioid antagonist on pain intensity and withdrawal reflexes during induction of hypnotic analgesia in high- and low-hypnotizable volunteers. *European Journal of Pain*, 2, 25-34.
- Zaidel E, & Iacoboni, M. (Editors) (2003). *The parallel brain: the cognitive neuroscience of the corpus callosum*. Cambridge, MA: MIT Press.

The Neuroscience of Hypnosis: Contributions of Genetic, Neuroanatomical and Speed of Information Processing Factors to Hypnotic Responsiveness

Helen J. Crawford, PhD*, James E. Horton, PhD**, and Pesach Lichtenberg, MD***

Abstract: We propose an integrative model of the neurophysiology of hypnotic responsiveness, with an emphasis on recent work on the contributions to hypnotic susceptibility of genetic, anatomical, neural effectiveness and speed of information processing to hypnotic susceptibility. The stability of hypnotic responsiveness over 25 years is high, and recent work (Lichtenberg et al., 2000, 2004) shows that polymorphisms of catechol O-methyltransferase (COMT), an enzyme involved in dopamine metabolism, are related to hypnotic susceptibility. Neuroanatomical work by Horton et al. (in press) found in comparison to low hypnotizables ("lows"), highly hypnotizable individuals ("highs") have a larger rostrum, an area of the corpus callosum that communicates between the anterior regions of the frontal lobes. Speed of processing information, as evidenced by reaction time and evoked potentials, suggest that highs often have faster neural systems than lows. In sum, this work suggests that in comparison to lows, highs have better dopaminergic tone that contributes to their having more effective anterior frontal executive control and supervisory attentional systems that interact with and influence, through excitatory and inhibitory processes, other areas of the brain.

Key-words: hypnotic susceptibility, catechol O-methyltransferase (COMT), rostrum, dopaminergic tone, anterior frontal executive control and supervisory attentional systems

Helen J. Crawford, Ph.D.

Department of Psychology, Virginia Polytechnic Institute and State University
Blacksburg, VA 24060, USA

Email: hjc@vt.edu

erhalten: 8.5.2004

revidierte Version akzeptiert: 15.8.2004

Übersetzung aus dem Amerikanischen von Alida Iost-Peter

* Department of Psychology, Virginia Polytechnic Institute and State University

** Department of Social and Behavioral Sciences, The University of Virginia's College at Wise,

*** S. Herzog Memorial Hospital, and Hebrew University-Hadassah Medical School,

1) Mit "Odd-ball-Aufgabe" ist gemeint, dass Ereignisse nicht mit gleicher Wahrscheinlichkeit auftreten. Zum Beispiel werden in einer EEG-Studie evozierte Potentiale auf die Darbietung eines Dreiecks und eines Vierecks erhoben. Wenn die Dreiecke in 90% der Darbietungen auftreten und die Vierecke in 10% der Fälle, dann ist die Auftretenswahrscheinlichkeit der beiden Ereignisse nicht "even", sondern "odd" (ungerade, ungewohnt, unregelmäßig).