

Anmerkungen

- 1 Herrn Prof. Dr. H.-J. Biersack und Herrn Dr. E. Klemm sei besonders freundlich für ihre Kooperation gedankt. Herr Dipl.-Psych. M. Heinrichs war für die psychologische Seite der Untersuchungen im Rahmen seiner vom Autor betreuten Diplomarbeit zuständig, während Herr Dr. Klemm die nuklearmedizinische Seite der Untersuchung führte, Herr Dr. H. Sar-noch nahm dankenswerterweise die statistische Datenauswertung vor.
- 2 Die primären SPECT-Daten sind die abhängigen Variablen. Sie erlauben nur eine schichtspezifische Auswertung der experimentell induzierten Veränderungen. Deswegen wurden über die einzelnen experimentellen Bedingungen hinweg für jede cerebrale Schicht getrennte Mittelwertvergleiche vorgenommen. Auf der Basis dieser Vergleiche wurden dann entsprechend einem Vorschlag von Hunter und Schmidt (1995) Effektstärken berechnet und um die vorhandene Abhängigkeit zwischen den Meßwertreihen bereinigt. Für die relevanten cerebralen Funktionsareale wurden anschließend auf der Basis der schichtspezifischen Effektstärken die mittleren Effekte berechnet und mit Hilfe der entsprechenden Formeln in weitere statistische Kennzahlen überführt (vgl. Cohen, 1988).

Beeinflussung der Haftfähigkeit (Adhärenz) von weißen Blutzellen (Granulozyten) durch Hypnose und Streß

Walter Bongartz

■ Elf hochsugestiblen Probanden wurde jeweils vor und nach einer einstündigen Hypnose bzw. Streßbedingung eine Blutprobe entnommen. Für eine Untergruppe der weißen Blutzellen aus den entnommenen Blutproben, für die Granulozyten, wurde die Haftfähigkeit (Adhärenz) der Zellen nach dem Verfahren von English und Gabig (1986) bestimmt. Die Aufklärung der hochsignifikanten Interaktion von 'Bedingung (Hypnose, Streß)' x 'Zeitpunkt der Blutentnahme (vor, nach)' ergab ein signifikantes Absinken der Granulozytenadhärenz nach Streß und eine signifikante Zunahme der Adhärenz nach Hypnose. Dieser Befund erklärt die kurzfristige Abnahme der weißen Blutzellen nach Hypnose, die in früheren Untersuchungen berichtet wurde. Es wird vermutet, daß die Zunahme der Haftfähigkeit von Leukozyten eine immunstärkende Funktion hat.

Schlüsselbegriffe: Hypnose, Streß, Leukozyten, Adhärenz von Granulozyten

Wird vor und nach einer entspannenden Hypnose jeweils eine Blutprobe entnommen und die Zahl der weißen Blutkomponenten (Leukozyten) bestimmt, tritt eine Abnahme der Leukozyten nach Hypnose auf: Bongartz (1986) beobachtete nach einer Hypnoseeinleitung mit folgenden Spannungssuggestionen eine deutliche Abnahme von Leukozyten bis zu 28% im zirkulierenden Blut. Nach einem leicht belastenden Videospiel stieg die Leukozytenzahl wieder an. Das Absinken der Leukozyten war nur bei hochsugestiblen Probanden zu beobachten, nicht aber bei geringsugestiblen, was auf eine zentralnervöse Vermittlung des Effekts hinweist. Während in diesem Experiment die Leukozytenzahl mit der konventionellen Methode bestimmt wurde (Aus zählen in der Zählkammer unter dem Mikroskop), wurde in einer zweiten Studie das Chemolumineszenzverfahren verwendet, bei dem Oxidationsreaktionen von Zellen zur Bestimmung der Zellzahl einer Blutprobe ausgenutzt werden. Mit diesem Verfahren wurde ebenfalls ein deutliches Absinken der Leukozytenzahl nach Hypnose festgestellt (Bongartz, 1987).

Wie ist die Abnahme der Leukozytenzahl zu erklären? Die Gesamtzahl der Leukozyten in den Blutgefäßen besteht aus den Leukozyten, die sich in der Zirkulation befinden, dem zirkulierenden Pool, und denen, die am Gefäßendothel haften, dem Randpool (Begemann & Rastetter, 1986). Es ist bekannt, daß das Niveau des Plasmaadrenalins einen Einfluß auf das Haften der Leukozyten an den Gefäßwänden (Adhärenz) hat: Athens et al. (1961) haben in einer Untersuchung mit radioaktiv markierten Leukozyten gezeigt, daß nach Injektion von Adrenalin eine Verschiebung der Leukozyten vom Rand- zum zirkulierenden Pool stattfindet, was durch die adrenalinvermittelte Abnahme der Haftfähigkeit von Leukozyten bewirkt wird. Dabei lösen sich Leukozyten, die an den Gefäßwänden haften, von den Gefäßwänden und gelangen in das zirkulierende Blut. Die Gesamtzahl der Leukozyten in den Blutgefäßen bleibt dann zwar konstant, die Anzahl der Leukozyten in der Blutprobe steigt aber an, da sie Leukozyten aus dem zirkulierenden Pool entnimmt.

Auch weitere Arbeiten zeigten, daß die Leukozytenadhärenz über Adrenalin vermindert wird (Herbst et al., 1979; Boxer et al., 1980a). Sie wiesen überdies nach, daß die verringerte Adhärenz der Leukozyten mit einer Zunahme von zyklischem Adenosin-Monophosphat (cAMP) in der Zelle zusammenhängt. Die intrazelluläre Konzentration von cAMP bestimmt die Haftfähigkeit von Leukozyten (MacGregor et al. 1978; Boxer et al., 1980 b). Zu- und Abnahme von intrazellulärem cAMP wird u.a. durch Adrenalin gesteuert, das somit über die Änderung des intrazellulären cAMP die Leukozytenhaftung beeinflußt.

Bei einer Spannungshypnose nimmt das sympathische Erregungsniveau, das u.a. hormonell über den Katecholaminspiegel definiert werden kann, ab und damit sollten auch die Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin) abnehmen: Im Vergleich zu einer Streß- und Kontrollbedingung finden Bongartz, Lyncker und Kossman (1987) nach Hypnose eine Abnahme von Vanillinmandelsäure, einem Katecholaminmetaboliten. Bongartz (1996) berichtet ein Absinken von Adrenalin und Noradrenalin im Vergleich zu einer Streß- bzw. Kontrollbedingung.

Das Absinken der Leukozyten, das wir nach Hypnose gefunden haben, könnte dann wie folgt erklärt werden: Die Suggestion von beruhigenden und entspannenden Vorstellungen führt zu einer Senkung des sympathischen Erregungsniveaus, das von einer Senkung des Adrenalinspiegels im Blut mit Abnahme des intrazellulären cAMP begleitet ist. Die Verminderung des Adrenalins führt zur verbesserten Fähigkeit der Leukozyten, am Endothel zu haften, und damit zu einer Verschiebung von Leukozyten aus dem zirkulierenden Pool in den Randpool. Die Abnahme der Leukozyten in der Zirkulation führt dann zur beobachteten Abnahme der Leukozyten in der entnommenen Blutprobe.

Das Ziel des vorliegenden Experimentes ist der Nachweis einer zentralnervösen Änderung der Adhärenz von Leukozyten, wobei wir uns auf die Untersuchung einer der drei Untergruppen der Leukozyten (Granulozyten, Lymphozyten, Monozyten), und zwar auf die der Granulozyten, beschränken werden. Hypnose verwenden wir als eine Methode zur Entspannung und damit zur Dämpfung des sympathischen Erregungsniveaus. Da der Versuch sehr aufwendig ist, haben wir weder eine Wach-Entspannungskontrollgruppe verwendet noch die Suggestibilität der Probanden systematisch variiert. Daher werden wir keine Aussage dazu machen können, ob der Trancezustand ('state') oder die hypnotische Suggestibilität ('trait') für den erwarteten Effekt

verantwortlich sein wird. Wir sind im übrigen der Auffassung, daß Hypnose nicht als einzigartiger Bewußtseinszustand anzusehen ist, sondern eine Methode darstellt, mit der eine Trance erzeugt werden kann, was aber auch mit anderen Methoden möglich ist (s. auch Bongartz & Bongartz, 1998, S. 37f).

Da wir das Haftverhalten der Leukozyten in den Blutgefäßen nicht unmittelbar beobachten können, soll es außerhalb der Blutgefäße untersucht werden. Dabei nutzen wir die Fähigkeit von Leukozyten, nicht nur am Gefäßendothel, sondern auch an künstlichen Oberflächen wie Nylonfibern oder Glasoberflächen zu haften (Wright et al., 1978; Yanai & Quie, 1981). In Anlehnung an die Methode von English und Gabig (1986), die das Haftverhalten von Granulozyten untersuchten, werden wir eine zuvor bestimmte Anzahl von Granulozyten aus den Blutproben in Petrischalen geben und nach einer Inkubationszeit die nicht haftenden Granulozyten herausnehmen, deren Zahl bestimmt wird. Die Differenz zwischen der Zahl der Granulozyten, die zuvor in die Schalen eingesetzt wurde und der Zahl der nicht haftenden Granulozyten ergibt dann die Anzahl der haftenden Granulozyten.

Das Experiment sieht zwei Bedingungen vor, Hypnose und Streß. In der Streßbedingung wird eine Stroopaufgabe mit verzögerter akustischer Rückmeldung und Kopfrechnen abwechselnd durchgeführt, um einer Gewöhnung an die Aufgabe entgegenzuwirken, die nicht nur bei Wiederholung zwischen Sitzungen eintreten kann (Drummond, 1985; Langewitz et al., 1989), sondern auch schon nach kurzer Durchführung einer Stroopaufgabe während einer experimentellen Sitzung (z.B. Badian et al., 1979). In der Hypnosebedingung folgt auf die Hypnoseinduktion eine Entspannungsszene mit Entspannungssuggestionen.

In beiden Bedingungen werden wir unmittelbar vorher und unmittelbar nachher eine Blutprobe entnehmen und für jede Blutprobe die Adhärenz der Granulozyten bestimmen. Wir erwarten eine Interaktion von 'Bedingung' (Hypnose, Streß) und 'Zeit' (vorher, nachher), d.h. keinen Unterschied zwischen Hypnose und Streß für die Blutproben vor den Bedingungen, aber einen Unterschied für die Blutproben nach den Bedingungen, und zwar eine Zunahme der Adhärenz nach Hypnose und eine Abnahme der Adhärenz nach Streß.

Methoden

Probanden

An dem Experiment nahmen sechs Studentinnen, 4 Studenten und ein Angestellter der Universität Konstanz teil. Die 11 Probanden waren gesund und nahmen keine Medikamente. Die Teilnahme wurde mit DM 10,- pro Stunde vergütet. Alle Probanden waren in zwei Hypnosetests, der Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility, Form A (Bongartz, 1982a; Bongartz, 1985) und der Stanford Hypnotic Susceptibility Scale, Form C (Bongartz, 1982b) auf ihre Suggestibilität geprüft worden und hatten sich als hochsuggestibel erwiesen.

Reizmaterial und Versuchsbedingungen

Für die *Streßbedingung* (Stroop mit verzögerter akustischer Rückkopplung) wurden drei weiße Papptafeln hergestellt (29 x 40 cm), auf die 140 Farbwörter gedruckt waren (jeweils 8 mm hoch und zwischen 13 mm und 20 mm breit), die in 20 Reihen zu sieben Wörtern angeordnet waren. Auf jeder Tafel waren die Farbwörter rot, grün, gelb und blau entweder in der Farbe gedruckt,

die mit dem Farbwort übereinstimmte (z.B. das Farbwort „rot“ in roter Farbe), oder in einer anderen Farbe (z.B. das Farbwort „rot“ in gelb, grün oder blau). Die Farbwörter waren zufällig angeordnet. Mehrfache Wiederholungen eines Farbwortes in einer bestimmten Farbe konnten auftreten. Die Tafeln waren numeriert (1-3). Während der Durchführung der Streßbedingung lasen die Probanden die Farbwörter laut in ein Mikrofon. Die Farbwörter wurden dabei mit Tonband (Revox B77) aufgenommen und den Probanden über Kopfhörer um 170 msec verzögert wiedergegeben (verzögerte akustische Rückkopplung).

Die Kopfrechenaufgabe der Streßbedingung war wie folgt gestaltet: Die Probanden hatten zwei Zahlen zu addieren, die jeweils aus vier Ziffern bestanden. Die beiden Zahlen wurden zusammen mit einem Ergebnis auf dem Bildschirm eines Computers gezeigt. Das auf dem Bildschirm gezeigte Resultat war mit einer Wahrscheinlichkeit von $p=5$ richtig. Die Reihenfolge, in der die richtigen und falschen Ergebnisse dargeboten wurden, war über einen Zufallsgenerator bestimmt. Falls das Resultat falsch war, war immer nur eine Ziffer des Resultats falsch. Die Position der falschen Ziffer wurde zufällig variiert und hatte an jeder der vier Positionen die gleiche Auftretenswahrscheinlichkeit von $p=25$. Die Probanden hatten die Aufgabe, über das Drücken einer von zwei Tasten so schnell wie möglich zu entscheiden, ob das auf dem Bildschirm erschienene Resultat richtig oder falsch war. Um die Probanden zu motivieren, sich bei der Durchführung der Bedingung anzustrengen, konnten sie in dieser Bedingung eine Prämie verdienen: Bei richtiger Entscheidung verdiente der Proband fünf Pfennige, bei falscher Entscheidung wurden ihm 10 Pfennige abgezogen. Während des Versuchs erschienen der aktuelle „Kontostand“ auf dem Bildschirm. Ein Vorversuch hatte gezeigt, daß innerhalb von 25 Minuten etwa DM 10,- verdient werden konnten.

Für die Hypnosebedingung wurde die Hypnoseeinleitung der HGSHS:A verwendet (s. auch Bongartz & Bongartz, 1998, S. 66ff), auf die ein Text mit Darstellung spannender Szenen folgte, in den Entspannungssuggestionen eingestreut waren. Der Text wurde vom Autor auf Band gesprochen. Die Dauer des gesprochenen Textes betrug 60 Minuten. Sechs Probanden nahmen zuerst an der Hypnose- und dann an der Streßbedingung teil. Fünf Probanden begannen mit der Streßbedingung, auf die dann die Hypnosebedingung folgte.

Bestimmung der Adhärenz: Die Haftfähigkeit der Granulozyten wurde aus einer Blutprobe nach der Methode von English und Gabig (1986) in folgenden Schritten bestimmt:

1. *Zentrifugation:* Zur Gewinnung der Granulozyten wurde 3 ml Monopoly-Trennmedium in drei Zentrifugenröhrchen (Durchmesser 16mm) gegeben und darauf jeweils 5 ml Vollblut pipettiert und Trennmedium und Vollblut für 30 Minuten bei 1800 Umdrehungen/Minute zentrifugiert. Danach sind die Granulozyten von anderen Blutkomponenten im Zentrifugenröhrchen getrennt und können abgezogen werden.

2. *„Waschen“ der Zellen:* Um störende Flüssigkeitsreste des Trennmediums zu entfernen, werden die Zellen „gewaschen“: Dazu werden die abgezogenen Granulozyten in zwei Röhrchen gegeben, die mit einem Nährmedium aufgefüllt werden. Die Röhrchen werden für fünf Minuten bei 1200 Umdrehungen/Minute zentrifugiert. Danach befinden sich die Granulozyten am Boden der Röhrchen. Die darüberstehende Flüssigkeit wird abpipettiert und pro Röhrchen 1 ml Nährmedium zu den Granulozyten gegeben.

3. *Bestimmen der Ausgangszahl der Granulozyten:* Die Inhalte der beiden Röhrchen werden in einem anderen zusammengefügt und die Anzahl der Zellen bestimmt. Durch Hinzufügen von Türk-Lösung färben sich die Zellen blau und werden dann in der Zählkammer unter dem Mikroskop gezählt.

4. *Adhärenz der Zellen:* Je 500 nl der Zellsuspension, deren Granulozytenzahl nun bekannt ist, werden in vier Vertiefungen einer Petri-Schale gegeben und in einem Brutschrank bei 37° C inkubiert. Um zu verhindern, daß die Plastikoberfläche der Schalen die Granulozyten aktiviert, wurden in die vier Vertiefungen der Petri-Schale für eine Stunde jeweils 500 nl einer 10prozentigen Proteinlösung (denaturiertes Rinderserum-Albumin) gegeben und nach dem Absaugen der Lösung die Vertiefungen zweimal mit physiologischer Kochsalzlösung ausgespült.

5. *Berechnung der Adhärenz über die Bestimmung der Anzahl der nicht-haftenden Granulozyten:* Nach der Inkubation werden aus jeder der vier Vertiefungen der Petri-Schale die Flüssigkeiten, die nun die nicht haftenden Leukozyten enthalten, abgesaugt und jeweils getrennt in ein anderes Gefäß gegeben. Die Vertiefungen werden erneut mit jeweils 500 nl Nährmedium aufgefüllt. Durch Schwanken der Schalen werden dann die nicht festhaftenden Granulozyten gelöst, mit der Flüssigkeit abgesaugt und ebenfalls in die entsprechenden Gefäße pipettiert. Die vier Gefäße ermöglichen nun eine Vierfachbestimmung der nichthaftenden Granulozyten, indem die Anzahl der nicht in der Schale haftengebliebenen Granulozyten unter Berücksichtigung der Verdünnungen in der Zählkammer unter dem Mikroskop gezählt werden. Die Adhärenz ergibt sich dann aus der Differenz zwischen der Zahl der eingesetzten Granulozyten und Zahl der Granulozyten, die nicht in der Petri-Schale haften geblieben sind.

Versuchsdurchführung: Nach Ankunft blieb der Proband für 15 Minuten ruhig in einem Sessel sitzen. In dieser Zeit wurde er in den Versuchsablauf eingewiesen. Über die Blutprobenentnahme waren die Probanden schon bei der Einladung zum Versuch informiert worden. Die Durchführung der Hypnose- wie der Streßbedingung dauerte jeweils 60 Minuten. Vor und nach einer Bedingung wurde den Probanden 10 ml Blut aus der Armvene entnommen.

Während der Hypnosebedingung saß der Proband bequem in einem Sessel und hörte über Kopfhörer den auf Band gesprochenen Hypnosetext. Während der Streßbedingung führten die Probanden im Wechsel für jeweils 10 Minuten die Stroopaufgabe mit verzögerter akustischer Rückkopplung und die Kopfrechenaufgabe am Computerbildschirm durch. Die Probanden begannen in der Streßbedingung, während der sie im selben Sessel wie in der Hypnosebedingung saßen, immer mit der Stroopaufgabe. Die Versuchsdauer betrug insgesamt etwa 1,5 Stunden. Die Durchführung des Versuchs begann immer morgens um neun Uhr.

Ergebnisse

Für jeden Probanden war der Prozentsatz haftender Granulozyten vor und nach Hypnose sowie vor und nach Streß bestimmt worden. Die vier Variablen (Prozentsatz haftender Granulozyten vor, nach Hypnose bzw. vor, nach Streß) ergaben bei einem alpha von .01 keine signifikante Abweichung von der Normalverteilung. Die Varianzanalyse der Adhärenz der Granulozyten (Prozentsatz der in den Schalen haftenden Leukozyten nach FMLP-Gabe) ergab eine hochsignifikante Interaktion von „Bedingung (Hypnose, Streß)“ mit „Zeitpunkt (vor, nach) der Blut-

probenentnahme“ ($F_{1,10}=73,91$; $p<0.0001$). Der Prozentsatz haftender Granulozyten betrug vor Hypnose 18,95% (Standardabweichung $s=9,9\%$) und nach Hypnose 27,53% ($s=9,27\%$) sowie vor Streß 19,9% ($s=7,35\%$) und nach Streß 14,02% ($s=6,58\%$). Diese Werte sind in Abbildung 1 graphisch dargestellt.

Zur Aufklärung der Interaktion wurden Einzelvergleiche (t-Tests mit Bonferroni-Anpassung, $\alpha=0,05$) zwischen Hypnose und Streß auf den zwei Stufen des Faktors 'Zeit' (vor, nach) durchgeführt. Dabei zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Adhärenz 'nach Hypnose' und 'nach Streß'. Die Adhärenz nahm nach Hypnose signifikant zu und nach Streß signifikant ab. Ebenso zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen für die Adhärenz der Granulozyten nach Durchführung der Bedingungen, während sich beide Bedingungen für die erste Blutprobenentnahme vor der Streß- bzw. Hypnosebedingung nicht voneinander unterscheiden.

Diskussion

Die Ergebnisse stimmen mit den Vorhersagen überein und bestätigen, daß Streß und Hypnose die Adhärenz der Leukozyten beeinflussen und damit zu biochemischen Änderungen in der Einzelzelle führen. Die Abnahme der Granulozytenadhärenz nach Streß von 5,9%, die wir in diesem Experiment gefunden haben, läßt vermuten, daß nach Streß Granulozyten des marginalen Granulozytenpools, d.h. die an den Gefäßwänden haftenden Granulozyten, in den zirkulierenden Pool gelangt sind. Inwieweit die Zunahme der Adhärenz nach Hypnose um 8,6% und die Abnahme nach Streß um 5,9% eine Schätzung für die physiologische Adhärenz am Endothel in den Blutgefäßen ist, können wir nicht beurteilen. Uns ist keine Arbeit bekannt, in der für Granulozyten derselben Haftfähigkeit die Adhärenz an künstlichen Oberflächen mit der am Gefäßendothel verglichen worden wäre.

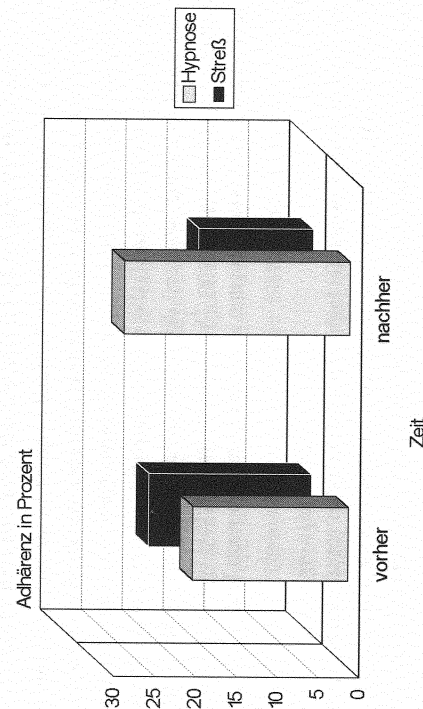


Abbildung 1: Granulozytenadhärenz in Abhängigkeit von Bedingung und Zeit der Blutprobenentnahme

Die vorliegende Arbeit begann mit der Frage nach dem kurzfristigen Absinken der Leukozytenzahl nach Hypnose. Unsere Aussagen dazu sind im folgenden Modell zusammengefaßt (s. Tabelle 1), das den Einfluß der Vorstellung entspannender Szenen in Hypnose (kognitive Ebene) über verschiedene Stufen bis zur Änderung der Leukozytenzahl in der Blutprobe beschreibt: Die Vorstellung entspannender Szenen auf der kognitiven Ebene führt zu einer Dämpfung des sympathischen Erregungsniveaus (neuronale Ebene), die eine Abnahme der Konzentration von Adrenalin und Noradrenalin zur Folge hat (hormonelle Ebene). Den Übergang von der kognitiven zur neuronalen Ebene können wir nicht beschreiben. Die Beziehung zwischen diesen und den folgenden Ebenen wird im Rahmen des Leib-Seele-Problems behandelt, das wir hier aus unseren Betrachtungen ausklammern. Zumindest wollen wir aber darauf hinweisen, daß Vorstellungen vermutlich deswegen ähnliche physiologische Folgen wie Wahrnehmungen haben, weil sie dieselben anatomischen Strukturen verwenden und vermutlich damit - wie Wahrnehmungsprozesse - Zugang zu nachgeordneten physiologischen Strukturen haben, die den Hormonspiegel etc. regeln. In ihrem Übersichtsartikel referiert Farah (1988) Arbeiten, die den elektrophysiologischen Methoden bzw. mit der Positronen-Emissions-Tomographie gezeigt haben, daß visuelle Wahrnehmung und bildhafte Vorstellung die gleichen Hirnareale aktivieren. Die Vorstellung, an einem schönen Tag am Meer spazieren zu gehen, und der tatsächliche Spaziergang am Meer würden demnach den Organismus physiologisch in ähnlicher Weise reagieren lassen.

Die Veränderungen auf zellulärer Ebene haben wir in unserer Untersuchung nicht selbst gemessen und können diese nur unter Bezug auf die entsprechende Literatur beschreiben: Die Abnahme der Katecholamine bedeutet eine Abnahme von cAMP in der Zelle (MacGregor et al. 1978; Boxer et al., 1980b), wodurch die Haftfähigkeit der Leukozyten zunimmt. Dabei findet eine Zunahme von Adhärenzmolekülen (u.a. aus der Familie der Selektine) auf den Zelloberflächen statt, durch die die Bindung von Leukozyten aus dem fließenden Blut an die Gefäßwände vermittelt wird (Shimizu et al., 1992, S. 110ff; Smith et al., 1990). Durch Anlagerung der Leukozyten an die Gefäßwände wird die Anzahl der zirkulierenden Leukozyten vermindert. Da eine Blutprobe nur zirkulierende Leukozyten enthält, nimmt somit die Leukozytenzahl in der Blutprobe ab.

Welche Funktion könnte die Abnahme der Leukozyten nach Hypnose bzw. die Haftung der Leukozyten am Gefäßendothel haben? Während der Haftung an den Gefäßwänden treten Leukozyten in einen intensiven biochemischen Austausch mit dem Gefäßendothel, der auch immunologisch bedeutsam ist. Es gibt Hinweise aus der immunologischen Literatur, daß haftenden

Ebene	Prozeß
Kognitiv	Vorstellung angenehmer und entspannender Szenen
Neuronal	Abnahme des sympathischen Erregungsniveaus
Hormonal	Abnahme von Adrenalin und Noradrenalin
Zellulär	Abnahme von cAMP, Expression von Adhärenzmolekülen
Zellverhalten	Haftung an den Wänden der Blutgefäße
Blutprobe	Abnahme der Leukozytenzahl

Tabelle 1: Modell der kurzfristigen Änderung der Leukozytenzahl nach Hypnose

Leukozyten eine wichtige Rolle bei der Immunabwehr zukommt, d.h. die cytotoxische Potenz von Leukozyten erhöht wird (z.B. Del Rio & De la Fuente, 1995). Man kann daher vermuten, daß die Zunahme der Haftfähigkeit der Leukozyten in Hypnose eine immunstärkende Funktion hat.

In der Einleitung hatten wir bereits erwähnt, daß wir in der vorliegenden Untersuchung Hypnose als eine Methode zur Entspannung verwenden. Es ging uns also nicht darum nachzuweisen, daß die gefundenen Effekte - über eine körperliche Entspannung hinaus - hypnosespezifisch sind. Wäre dies unser Ziel gewesen, hätten wir natürlich neben den gewählten Bedingungen noch eine Entspannungsbedingung verwenden müssen. Dies haben wir zum einen nicht getan, weil die sehr aufwendigen und kostspieligen Experimente eine Erweiterung des Versuchsplanes nicht zuließen. Zum anderen gehen wir davon aus, daß eine mit Hypnose erzielte Entspannung und eine über die gängigen Verfahren bewirkte Entspannung zu qualitativ vergleichbaren physiologischen Folgen führen (s. Bongartz & Bongartz, 1998, S. 37f). Quantitativ könnten aber durchaus Unterschiede auftreten: Melmed et al. (1987) trainierten ihre Probanden über 3 bis 4 Wochen in Entspannungstechniken und fanden anschließend in einer zweistündigen Experimentalsitzung ein kurzfristiges Absinken der Leukozytenzahl, die wir in vergleichbarer Größenordnung ohne jedes Vortraining der Probanden nach nur 25minütiger Hypnose beobachten konnten. Für eine künftige Untersuchung wäre die Einbeziehung einer Entspannungskontrollgruppe also durchaus sinnvoll.

Literatur

- Athens, J.W., Haab, O.P., Raab, S.O., Mauer, A.M., Ashenbrucker, H., Cartwright, G.E. & Wintrobe, M.M. (1961). Leukokinetic studies IV. *Journal of Clinical Investigation*, 40, 989-995.
- Badian, M., Appel, E., Palm, D., Rupp, W., Sittig, W. & Taeuber, K. (1979). Standardized mental stress in healthy volunteers induced by delayed auditory feedback (DAF). *European Journal of Clinical Pharmacology*, 16, 171-176.
- Bongartz, W. (1982a). Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility, Form A. (Deutsche Übersetzung), Universität Konstanz.
- Bongartz, W. (1982b). Stanford Hypnotic Susceptibility Scale, Form C. (Deutsche Übersetzung), Universität Konstanz.
- Bongartz, W. (1985). German norms for the Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility, Form A. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 33, 131-139.
- Bongartz, W. (1986). Abnahme von Plasmacortisol und weißen Blutzellen nach Hypnose. *Experimentelle und Klinische Hypnose*, 2, 101 - 108.
- Bongartz, W. (1987). Messung der verminderten Granulozytenzahl nach Hypnose mit dem Chemilumineszenzverfahren. *Experimentelle und Klinische Hypnose*, 3, 101-107.
- Bongartz, W. (1993). Der Einfluß von Hypnose und Streß auf das Blutbild. Habilitation, Universität Konstanz. Gedruckt bei Lang, Frankfurt, 1996.
- Bongartz, W. & Bongartz, B. (1998). Hypnosetherapie. Göttingen: Hogrefe.
- Boxer, L.A., Allen, J.M. & Bachner, R.L. (1980a). Diminished polymorphonuclear leukocyte adherence. Function dependent on release of cyclic AMP by endothelial cells after stimulation of beta-receptors by epinephrine. *Journal of Clinical Investigation*, 66, 268-274.
- Boxer, L.A., Allen, J.M., Schmidt, M. Yoder, M. & Bachner, R.L. (1980b). Inhibition of polymorphonuclear leukocyte adherence by prostacyclin. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 95, 672-678.
- Del Rio, M. & De la Fuente, M. (1995). Stimulation of natural killer (NK) and antibody-dependent cellular cytotoxicity (ADCC) activities in murine leukocytes by bombesin-related peptides requires the presence of adherent cells. *Regulatory Peptides*, 60, 159-166.
- Drummond, P.D. (1985). Cardiovascular reactivity in borderline hypertension during behavioral and orthostatic stress. *Psychophysiology*, 22, 621-628.
- English, D. & Gabig, T.G. (1986). Differentiation of cellular processes involved in the induction and maintenance of stimulated neutrophil adherence. *Blood*, 67, 1314-1322.
- Herbst, T.J., Raichle, M.E. & Ferendelli, J.A. (1979). Beta-adrenergic regulation of adenosine 3'5'-monophosphate concentration in brain microvessels. *Science*, 204, 330-332.
- Langewitz, W., Rüdel, H., Noack, H. & Wacharz, K. (1989). The reliability of psychophysiological examinations under field conditions: Results of repetitive mental stress testing middle-aged men. *European Heart Journal*, 10, 657-665.
- MacGregor, R.R., Macarak, E.J. & Kefalides, N.A. (1978). Comparative adherence of granulocytes to endothelial monolayers and nylon fiber. *Journal of Clinical Investigation*, 61, 697-702.
- Melmed, R.N., Roth, D., Weinstein-Rosin, M. & Edelstein, E.L. (1987). The influence of emotional state on the mobilization of marginal pool leukocytes after insulin-induced hypoglycemia. In *Neuroimmune interactions: Proceedings of the Second International Workshop on Neuroimmunomodulation*. Annals of the New York Academy of Sciences, 496, 467-472.
- Shimizu, Y., Newman, W., Tanaka, Y. & Shaw, S. (1992). Lymphocyte interactions with endothelial cells. *Immunology Today*, 13, 106-112.
- Smith, C.W., Marlin, S.D., Rothlein, R. et al. (1990). Role of ICAM-1 in the adherence of human neutrophils to human endothelial cells in vitro. In T.A. Springer, D.C. Anderson, A.S. Rosenthal & R. Rothlein, R. (Eds.), *Leukocyte adhesion molecules: Structure, function and regulation*. New York: Springer.
- Wright, D.G., Kaufman, J.C., Terpstra, R.G., Graw, R.G., Deisseroth, A.B. & Gallin, J.J. (1978). Mobilization and exocytosis of specific (secondary) granules by human neutrophils during adherence to nylon wool in filtration leukapheresis (FL). *Blood*, 52, 770-782.
- Yanai, M. & Quie, P. (1981). Chemiluminescence by polymorphonuclear leukocytes adhering to surfaces. *Infection and Immunology*, 32, 1181-1186.

The influence of hypnosis and stress on the adherence of granulocytes

Blood samples were taken from 11 high susceptible subjects before and after either one hour of hypnosis or stress. For each blood sample, the adherence of granulocytes was determined using the procedure described by English and Gabig (1986). An analysis of variance revealed a highly significant interaction between condition (hypnosis, stress) and time of taking a blood sample (before, after). Mean comparisons indicated a significant increase of granulocyte adherence after hypnosis and a significant decrease of granulocyte adherence after stress. These findings explain the decrease of white blood cells after hypnosis that has been reported in earlier studies. It is assumed that the increase of blood cell adherence after hypnosis is of immunological importance.

Keywords: hypnosis, stress, leucocytes, adherence of granulocytes

PD Dr. Walter Bongartz
Fachgruppe Psychologie
Universität Konstanz
Universitätsstr. 10
D-78434 Konstanz
Walter.Bongartz@uni-konstanz.de

erhalten 26.1.1998, akzeptiert 16.3.1998

Anmerkungen

Der vorliegende Artikel ist die überarbeitete Version von Experiment IV aus der Habilitation des Verfassers (Bongartz, 1993, 1996). Ich danke Herrn Prof. Dr. Volker Ullrich, Fakultät für Biologie der Universität Konstanz, für die Möglichkeit, die Analysen der Blutproben in seinem Labor durchführen zu können. Bei Frau cand. psych. Ursula Ullrich möchte ich mich für die Durchführung der Versuche bedanken.