

Wie treffen Patienten nach einem Schädelhirntrauma Entscheidungen?

E. Bonatti, Th. Benke, M. Delazer

Medizinische Universität Innsbruck, Klinik für Neurologie

Zusammenfassung

Patienten sind nach einem Schädelhirntrauma (SHT) aufgrund ihrer Verletzung häufig mit einer völlig neuen Situation konfrontiert und müssen zahlreiche wichtige Entscheidungen treffen, wie etwa möglichen Rehabilitationsmaßnahmen oder den Wiedereinstieg ins soziale und berufliche Leben. Falsche Entscheidungen können dabei mit negativen Konsequenzen für die Betroffenen, aber auch für ihre Angehörigen verbunden sein. Dies gilt sowohl für Entscheidungen in unsicheren Situationen als auch für Entscheidungen in riskanten Situationen. Bisherige Studien untersuchten schwerpunktmäßig Entscheiden unter Unsicherheit und zeigten signifikante Unterschiede zwischen Patienten nach SHT und gesunden Vergleichspersonen. Aktuelle Studien zeigen, dass die Patientengruppe auch in Situationen unter Risiko Schwierigkeiten hat, günstige Entscheidungen zu treffen. In dieser Arbeit werden experimentelle Messinstrumente vorgestellt. Ziel der Forschung sollte es sein, ein besseres Verständnis für die emotionalen, kognitiven und neuronalen Grundlagen von Entscheidungsprozessen zu schaffen. Darüber hinaus ist es notwendig, diagnostische Verfahren und therapeutische Konzepte für Patienten mit Problemen im Entscheiden zu entwickeln.

Schlüsselwörter: Schädelhirntrauma, Entscheiden, Exekutive Funktionen

How do patients after Traumatic Brain Injury make decisions?

E. Bonatti, Th. Benke, M. Delazer

Abstract

Patients after Traumatic Brain Injury (TBI) are often confronted with a completely new situation due to their trauma. They have to take several important decisions concerning rehabilitation, or re-entry to occupational and social life. Wrong decisions may lead to negative consequences for the patients, but also for their relatives. Decisions can be taken in situations under ambiguity and in situations under risk. Recent studies mainly investigated decision under ambiguity in TBI patients. Compared to healthy controls, TBI patients showed significant deficits. Recent studies demonstrated that this group of patients has also difficulties in taking decisions under risk. In the present paper recent experimental measures will be described.

Key words: traumatic brain injury, decision-making, executive functions

© Hippocampus Verlag 2009

Einleitung

Das Treffen von Entscheidungen und das damit verbundene Abschätzen von Konsequenzen zählen zu den wichtigsten Faktoren im täglichen Leben. Situationen der Entscheidungsfindung sind dadurch charakterisiert, dass verschiedene Optionen verfügbar sind, von welchen eine Antwort gewählt werden muss. Der Prozess der Entscheidungsfindung selbst ist komplex und beinhaltet neben zahlreichen kognitiven Prozessen auch affektive und motivationale Aspekte. Schwierigkeiten und Unsicherheit treten beim

Treffen von Entscheidungen vor allem dann auf, wenn wir uns zwischen mehreren Möglichkeiten entscheiden müssen, die mit Verlust bzw. Belohnung verbunden sind, aber auch dann, wenn widersprüchliche Informationen vorliegen. Falsche bzw. ungünstige Entscheidungen können negative Konsequenzen zur Folge haben.

Nach einem Schädelhirntrauma (SHT) sind Patienten mit einer neuen Situation konfrontiert und müssen zahlreiche Entscheidungen unter anderem bezüglich Rehabilitationsmaßnahmen, medizinischer Versorgung, finanzieller Angelegenheiten oder persönlicher Beziehungen treffen. Nach

einem Wiedereinstieg ins Berufsleben sind Patienten auch täglich mit wichtigen Entscheidungen in der Arbeitswelt konfrontiert. Falsche Entscheidungen können dabei fatale Konsequenzen haben und bis zum Verlust des Arbeitsplatzes oder auch zum Verlust von Beziehungen führen. Neben Problemen im Entscheiden treten bei SHT-Patienten auch häufig psychosoziale Probleme, Defizite der emotionalen Regulation, Persönlichkeitsveränderungen und Schwierigkeiten in persönlichen Beziehungen auf [24, 77]. Studienergebnisse zeigen, dass nicht nur erwachsene Patienten [69, 80, 89], sondern auch Kinder [56] Schwierigkeiten in der Entscheidungsfindung als Folge eines SHT aufweisen.

Die vorliegende Arbeit bietet eine Übersicht über die Neuropsychologie von Entscheidungsprozessen nach erlittenem SHT. Zu Beginn werden das anatomische Verletzungsmuster und das kognitive Leistungsbild, welche für diese Patientengruppe charakteristisch sind, beschrieben. Obwohl SHT zu den häufigsten Ursachen von Hirnverletzungen zählen [64], gibt es wenige Studien über Entscheidungsprozesse von SHT-Patienten. Bislang liegen im deutschen Sprachraum rein experimentelle Messinstrumente und keine normierten Verfahren vor, um die Entscheidungsfähigkeit zu analysieren. Es werden zwei Arten der Entscheidung beschrieben: Entscheidung unter Unsicherheit und Entscheidung unter Risiko. Dabei werden vier experimentelle Spielaufgaben, welche zur Untersuchung neurologischer Patienten verwendet werden, genauer vorgestellt. Der Beitrag exekutiver Funktionen zum Entscheiden wird diskutiert. In einem eigenen Abschnitt werden aktuelle Studienergebnisse zur Entscheidungsfähigkeit bei SHT-Patienten zusammengefasst (Tab. 1, S. 7). Abschließend wird auf die Bedeutung der therapeutischen Einbindung der Entscheidungsfindung in den Rehabilitationsprozess hingewiesen und werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie mögliche Behandlungen bei dieser Patientengruppe aussehen könnten.

Das Schädelhirntrauma (SHT)

In Deutschland sind jährlich 200.000 Menschen von einem SHT betroffen [88]. Die Hauptursachen für SHT sind Verkehrsunfälle, Stürze und körperliche Übergriffe [76]. Männer sind von einem SHT drei Mal häufiger als Frauen betroffen [53]. Zwei typische Altershöhepunkte innerhalb dieser Patientengruppe bilden einerseits das späte Jugendalter (15–24 Jahre), andererseits das spätere Alter [43, 49]. Wie aus der Altersverteilung ersichtlich ist, befindet sich ein Teil der SHT-Patienten in der schulischen und beruflichen Ausbildung. Die schulische Weiterbildung und berufliche Integration spielen daher im Laufe des Rehabilitationsprozesses eine ausschlaggebende Rolle.

Pathoanatomie

Das Hirntrauma infolge einer abrupten Akzelerations-Dezelerationsbewegung ist meist durch die Kombination von diffusen und fokalen Hirnläsionen charakterisiert.

Läsionen entstehen durch direkten Impact, durch den sogenannten Coup-Contra-Coup Effekt, als Rotations- und Scherkraftverletzungen. In Abhängigkeit vom Schweregrad der Verletzung ist ein Spektrum an Läsionen verschiedenen Typs zu beobachten. Fokale kontusionelle Verletzungen betreffen vorwiegend den Frontallappen (polar, dorsolateral, orbitofrontal, ventromesial), Temporallappen (laterale und mesiale Region) und den Hirnstamm (Zwischen- und Mittelhirn) [3]. Die häufig zu beobachtenden diffusen axonalen Schädigungen führen im chronischen Stadium zu einer Atrophie der weißen Substanz und zur Deafferenzierung von axonalen Projektionen in frontalen und temporalen Regionen [48]. Es wird davon ausgegangen, dass diffuse axonale Schädigungen negativere und länger anhaltende Auswirkungen auf das kognitive Leistungsprofil haben [88]. Patienten mit mittelschwerem bis schwerem SHT zeigen in der Magnetresonanztomographie (MRI) meist multiple Veränderungen [46, 74], vor allem Kontusionen, Blutungen (z. B. epi-, subdurales Hämatom, Petechien), ein traumatisches Hirnödem und Läsionen der weißen Substanz. Bei der Bewertung von Funktionsausfällen zeigen Single-Photon-Emissionscomputertomographie (SPECT) und Positronen-Emissions-Tomographie (PET) oft besser mit der Neuropsychologie korrelierende Resultate als MRI und Computertomographie (CT), z. B. einen oft über die Akutphase anhaltenden Hypometabolismus in Frontal- und Temporallappen, im Thalamus und den Basalganglien [42, 73]. Zu den Akutsymptomen des SHT zählen vor allem Bewusstseins-, Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsstörungen, Störungen des exekutiven Systems und der Psychomotorik sowie andere fokale neuropsychologische Ausfälle. Zum posttraumatischen Belastungssyndrom im subakuten und chronischen Stadium zählen neben defekten mnестischen, exekutiven und Aufmerksamkeitsleistungen vor allem emotional-affektive Störungen. Limbische Funktionen, wie zum Beispiel Affekt, emotionale Kontrolle oder emotionale Entscheidungsprozesse, zählen zu den am häufigsten von einem SHT betroffenen Hirnleistungen.

Kognitive Funktionen

Diffuse Verletzungsmuster können eine Bandbreite von neuropsychologischen Einbußen verursachen, welche Defizite der geteilten und selektiven Aufmerksamkeit [85], des Gedächtnisses [66], der exekutiven Funktionen [72, 84] sowie Verlangsamung in der psychomotorischen Geschwindigkeit und Ermüdbarkeit [72] einschließen. Frontal-exekutive Funktionen umfassen eine Reihe von kognitiven Leistungen wie Planen, Problemlösen, Handlungskontrolle, Inhibition und Initiierung von Handlungen, Flexibilität, Arbeitsgedächtnis, Selbstkontrolle von Motivation und Affekt [83]. Frontal-exekutive Defizite nach einem SHT spiegeln sich unter anderem in Defiziten im Arbeitsgedächtnis sowie reduzierter Planungsfähigkeit und Kategorisierungsfähigkeit wider [72]. Zum Beispiel zeigten sich in einer Studie von Levin und Kollegen [67] bei Patienten mit fokalen frontalen Kontusionen Defizite in einer Kategorisierungsaufgabe,

einem Planungstest und einem Test zur Überprüfung der Wortflüssigkeit. Einschränkungen exekutiver Funktionen können auch zu Schwierigkeiten in anderen kognitiven Domänen, zum Beispiel im Gedächtnis, führen [59]. Kognitive Einbußen in den Domänen Gedächtnis, Aufmerksamkeit und psychomotorische Geschwindigkeit manifestieren sich nicht nur Monate, sondern auch Jahre nach dem SHT [72].

Emotionale Kontrolle und soziale Auswirkungen

Die anhaltenden kognitiven Defizite sind oft mit dem Verlust sozialer Autonomie und der Unfähigkeit der beruflichen Integration lange Zeit nach dem SHT verbunden [72]. In der Studie von Dombovy und Olek [35] zeigte sich, dass sechs Monate nach dem Trauma 60,5% der befragten Patienten arbeitslos waren. Studien belegen, dass die berufliche Wiedereingliederung bei Patienten nach einem SHT gefährdet ist. Brooks et al. [21] berichteten, dass die Beschäftigungsrate von SHT-Patienten nach dem Unfall von 86% auf 29% sank. Die Schwierigkeiten der sozialen Wiedereingliederung sind nicht nur in kognitiven Defiziten begründet, sondern können mit Störungen emotionaler und sozialer Fähigkeiten in Zusammenhang stehen [2]. Schwere orbitofrontale (OF) Verletzungen sind mit Störungen der Impulskontrolle und des Sozialverhaltens verbunden [52]. In dem von Blair und Cipolotti [10] beschriebenen Fall des 56-jährigen Elektroingenieurs J.S. zeigten sich nach einem SHT mit bilateraler OF und links temporobasaler Kontusion inklusive Abnormalitäten der linken Amygdala neben Defiziten in den frontal-exekutiven Leistungen, im Wiedererkennen von emotionalen Ausdrücken und in der sozialen Kognition schwere Verhaltensauffälligkeiten. Letztere beinhalteten sozial abweichendes, aggressives und inadäquates Verhalten und Gewalttätigkeit. Während seines Rehabilitationsaufenthaltes zeigte J.S. Rücksichtslosigkeit gegenüber anderen Patienten und dem Personal. Des Weiteren übernahm er keine Verantwortung gegenüber seinen Handlungen und scheiterte beim Vorausplanen von Ereignissen. Beispielsweise verließ er das Krankenhaus und ging durch London ohne konkretes Ziel. Der Patient wurde von seinen Verwandten als prämorbid ruhiger, introvertierter Mensch beschrieben, der kein aggressives Verhalten zeigte. Veränderungen der Persönlichkeit und des emotionalen Verhaltens sind häufige Folgen eines SHTs [92]. Darunter fallen emotionale Labilität, Reizbarkeit, Unruhe und erhöhte Aggressivität. In einer Studie [38] zeigte sich, dass impulsive verbale Aggressionen und Ärger charakteristische Züge nach einem SHT darstellen. Im Vergleich zur Kontrollgruppe wiesen SHT-Patienten auch ein erhöhtes Level an Impulsivität auf. SHT-Patienten leiden auch unter einer verminderten emotionalen Kontrolle und einem Verlust von Motivation [86]. Weitere typische Folgen nach einem SHT bilden Enthemmung, mangelnde Einsicht und unrealistische Planung [65]. Zwangserkrankungen [82], Depressionen und Angstsymptome [41] werden weiters als psychiatrische Folgen eines SHTs beschrieben.

Neuroanatomie von Entscheidungsprozessen

Am Prozess des Entscheidens ist ein Netzwerk kortikaler und subkortikaler Strukturen beteiligt [87]. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass der präfrontale Kortex (PFC) eine neuroanatomisch wichtige Struktur beim Treffen von Entscheidungen darstellt [6, 28, 40, 71]. Neuroanatomisch sind für Entscheidungsprozesse drei Regionen innerhalb des PFC von Bedeutung: der dorsolaterale präfrontale Kortex (DLPC), der ventromediale präfrontale Kortex (VMPFC)¹ und der anteriore cinguläre Kortex (ACC) [63]. Neben diesen frontalen Strukturen sind auch die Amygdala (Antizipation und Erleben von Verlust) [7] und das dorsale und ventrale Striatum (Antizipation von Gewinn und Erleben von Gewinn und Verlust) [20, 62] am Entscheidungsprozess wesentlich beteiligt. Beim Treffen von Entscheidungen spielen auch subkortikale Schaltkreise eine wesentliche Rolle [1, 60]. Dabei kann man zwischen zwei motorischen und drei kognitiven Schaltkreisen unterscheiden, wobei letztere bei Entscheidungsprozessen stark involviert sind. Jeder dieser drei Schaltkreise hat eine spezielle Bedeutung für kognitive und/oder emotionale Prozesse und für Entscheidungsprozesse. Der DLP Schaltkreis ist bei frontal-exekutiven Leistungen beteiligt, wie Arbeitsgedächtnis, Planen [87] und Hypothesengenerierung [60]. Bei Schädigungen können Defizite in den aufgezählten Funktionen resultieren. Der laterale OF Schaltkreis ist zentral in der affektiven Steuerung. Bei Schädigungen dieses Schaltkreises kann es zum Beispiel zu Persönlichkeitsveränderungen oder gesteigerter Impulsivität kommen. Der mediofrontale limbische Schaltkreis ist verantwortlich für Antrieb und Motivation [60]. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sehr komplexe Prozesse am Treffen von Entscheidungen beteiligt sind. Während des Entscheidungsprozesses sind zahlreiche Strukturen beteiligt und verschiedene Phasen unterscheidbar. In diesem Rahmen können unterschiedliche Läsionen zu verschiedenen Störungen im Prozess des Entscheidens führen [37, 87].

Experimentelle Messinstrumente und kognitive Funktionen

Erste systematische Studien zur Untersuchung von Entscheidungsprozessen wurden an Patienten mit VMPFC- oder Amygdala-Läsionen durchgeführt [7, 9, 30]. Häufig zeigen Patienten nach Hirnschädigungen in diesen Arealen keine neuropsychologischen Einbußen, wie Störungen des Gedächtnisses oder der Sprache, sondern Veränderungen der Persönlichkeit, der Emotionen und des Verhaltens. Sie haben Schwierigkeiten, ihren Arbeitstag zu planen oder ihre Aktivitäten zu wählen und lernen kaum aus vorausgegangenen Fehlern [28, 40].

¹ In den Arbeiten von Bechara et al. [5] und Damasio [29] umfasst der VMPFC den Gyrus rectus, die mesiale Hälfte des Orbitalen Gyrus und die inferiore Hälfte der medialen PF Rindenaareale (Brodmann Areale 10, 11, 12, 13, 25, 32).

Entscheidungen können in unsicheren und riskanten Situationen getroffen werden [61]. In Situationen der Unsicherheit befindet sich ein Patient, der eine neue medikamentöse Therapie versuchen möchte, dem jedoch keinerlei Informationen bezüglich Nebenwirkungen zur Verfügung stehen. Auch ein Patient, der eine neue Behandlung beginnt und von verschiedenen medizinischen Fachrichtungen unterschiedliche Empfehlungen und Vorschläge erhält, befindet sich in einer Entscheidungssituation unter Unsicherheit. Situationen der Unsicherheit sind charakterisiert durch fehlende oder widersprüchliche Informationen und durch fehlende Wahrscheinlichkeitsangaben. In Situationen unter Risiko befinden wir uns dann, wenn wir zum Beispiel ein neu auf dem Markt eingeführtes Medikament einnehmen, welches mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% nebenwirkungsfrei ist, jedoch mit einer Wahrscheinlichkeit von 20% zu unerwünschten Nebenwirkungen führt. In solchen Situationen liegen hingegen trotz unklaren Ausgangs wahrscheinlichkeitsbasierte Angaben vor. Neuropsychologische und bildgebende Studien konnten für diese beiden Arten der Entscheidung unterschiedliche kognitive Anforderungen und neuronale Aktivierungssysteme nachweisen [18, 58, 90].

In der neuropsychologischen Forschung werden sogenannte »gambling tasks« verwendet, um Entscheidungsprozesse zu untersuchen. Im folgenden Abschnitt werden experimentelle Untersuchungsmethoden zur Überprüfung der Entscheidungsfähigkeit genauer vorgestellt, welche in Studien zu SHT angewandt werden (s. Tab. 1). Eine weitere Untersuchungsmethode aus dem deutschen Sprachraum, welche sowohl bei neurologischen als auch bei psychiatrischen Patientengruppen experimentell verwendet wurde, wird vorgestellt.

Iowa Gambling Task (IGT)

Um Entscheidungsprozesse unter Unsicherheit zu untersuchen, wird in der neuropsychologischen Forschung häufig die Iowa Gambling Task (IGT; s. Abb. 1) verwendet [6]. Einschränkend soll jedoch darauf verwiesen werden, dass in der IGT häufig nur im ersten Abschnitt der Aufgabe eine Situation der Unsicherheit besteht, die sich meist im Verlauf in eine Situation des Risikos wandelt [18, 19].

In dieser computerunterstützten Spielaufgabe müssen die Teilnehmer im Laufe des Spieles mit Hilfe von Feedback lernen, günstige Entscheidungen zu treffen. Die Teilnehmer stehen im Konflikt zwischen unmittelbarem und langfristigen Erfolg. In jedem Durchgang (insgesamt 100 Durchgänge) hat man die Möglichkeit, sich zwischen vier Antwortalternativen (Kartenstapel A, B, C, D) zu entscheiden. Ziel dieser Aufgabe ist es, das Startkapital zu maximieren. Unmittelbar nachdem man eine Karte gewählt hat, erhält man Feedback über Gewinn bzw. Verlust. Dabei gibt es zwei günstige Antwortalternativen (C und D; Nettogewinn 250\$ nach 10 Karten), welche mit unmittelbaren kleinen Gewinnen, aber auch mit bescheidenen Verlusten verbunden sind. Die beiden ungünstigen Alternativen (A

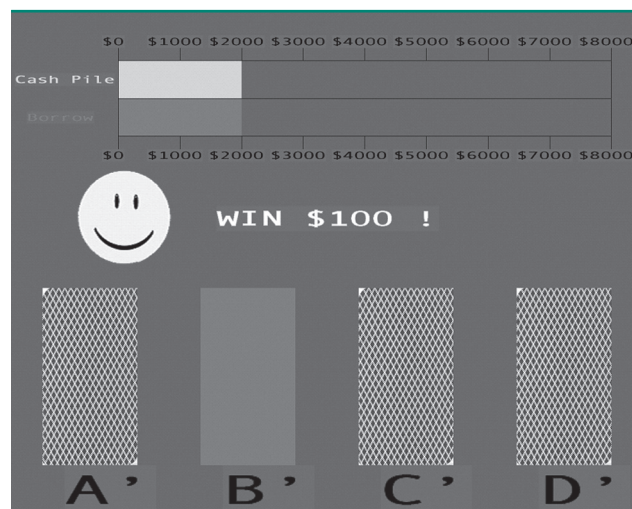


Abb. 1: Iowa Gambling Task (IGT)

und B; Nettoverlust 250\$ nach 10 Karten) gehen hingegen mit unmittelbaren großen Gewinnen, jedoch auch mit langfristigen hohen Verlusten einher. Den Probanden sind diese Zusammenhänge nicht bekannt. Sie erfahren lediglich zu Beginn des Spieles, dass einige Stapel schlechter sind als die anderen [37].

Erklärungsmodelle

In der von Damasio und Kollegen entwickelten Theorie der Somatischen Marker [28, 30, 31] wird angenommen, dass Entscheidungen durch emotionale bzw. somatische Marker gesteuert werden. Diese Marker werden als unbewusste Signale definiert. Sie helfen bei intaktem PFC Vorhersagen zu bewerten und erleichtern den Entscheidungsprozess. Während gesunde Kontrollpersonen nach dem ungefähr 30. Durchgang ihre Strategie ändern, wechseln Patienten häufig nicht zu den günstigen Antwortalternativen. Man erklärt dies damit, dass Patienten im Vergleich zu Gesunden in ihrer Entscheidung nicht von sogenannten »Somatischen Markern« geholfen wird. Bechara et al. [8] konnten zeigen, dass Patienten mit VMPF-Läsionen unmittelbar nach Belohnung oder Bestrafung eine Veränderung der Hautleitfähigkeit aktivierten, aber keine antizipatorische Veränderung der Hautleitfähigkeit vor der Auswahl der Antwortalternativen zeigten. Sie wählten die ungünstigen Antwortalternativen trotz erhöhter Verluste. Bei gesunden Kontrollpersonen hingegen entwickelte sich eine antizipatorische Veränderung der Hautleitfähigkeit und sie entschieden sich für die günstigen Kartenstapel. Wie von Bechara et al. [8] beschrieben, entwickeln gesunde Personen antizipatorische somatische Marker, bevor sie bewusst Stapel als günstig oder ungünstig klassifizieren können. Zwei Fallbeispiele haben wesentlich zur Entwicklung der »Somatischen Marker«-Hypothese beigetragen. Beide Patienten zeigten nach erlittener Läsion im frontalen Kortex neben intaktem Gedächtnis und intakter Sprache massive Persönlichkeitsveränderungen und trafen sehr ungünstige Entscheidungen. Das Schicksal von Phineas Gange [30], dem eine Eisenstan-

ge den Frontalkortex massiv verletzte, wurde ausführlich beschrieben, jedoch hinsichtlich Lokalisation der Läsion und der psychischen Veränderungen auch kontrovers diskutiert [50, 70]. Das zweite oft genannte Fallbeispiel stellt der Patient EVR dar [40], der nach einer Operation eines OF Meningeoms einfachste Entscheidungen nicht mehr treffen konnte. Beide Patienten, Phineas Gage und EVR, waren in privaten Beziehungen und im Arbeitsleben von massiven Problemen betroffen.

Während Bechara und Mitarbeiter davon ausgehen, dass die IGT Entscheidung unter Unsicherheit misst und es wenige Zusammenhänge zu exekutiven Funktionen gibt [5], vertreten Brand und Mitarbeiter eine alternative Ansicht [18, 19]. Letztere erweitern das ursprüngliche Modell von Bechara et al. [8] der Entscheidung unter Unsicherheit und nehmen an, dass zusätzliche Schritte und eine alternative Route, nämlich das Entscheiden unter Risiko, eine Rolle spielen [18]. Als Hauptunterschied zu Becharas Modell geben sie an, dass günstige Entscheidungen auch mit Hilfe kognitiver Strategien getroffen werden können. Der optimale Weg, Entscheidungen unter Risiko zu treffen, ist die Kombination aus kognitiver Strategie und dem Folgen eigener Emotionen. Brand et al. [18] nehmen an, dass innerhalb der IGT eine Verschiebung von Unsicherheit zu Risiko stattfindet. Während zu Beginn der Aufgabe Entscheidung unter Unsicherheit zentral ist, erlangt im Spielverlauf Entscheiden unter Risiko einen hohen Stellenwert. Mit der zunehmenden Kenntnis über die Spielregeln kommen auch gegen Ende der Aufgabe exekutive Funktionen zum Tragen. Aktuelle Studienergebnisse [19, 81] konnten zeigen, dass zwischen der IGT und exekutiven Funktionen, wie Kategorisierungsfähigkeit, Flexibilität und Gesamtscore der Frontal Assessment Battery [36] eine Beziehung besteht.

Es gibt auch weitere kognitive Modelle, welche sich mit dem Entscheidungsprozess in der IGT beschäftigen, zum Beispiel das Expectancy Valence Model von Busemeyer und Stout [22]. In diesem Modell werden drei Parameter analysiert, nämlich Motivation, Lernen, Konsistenz im Antwortverhalten, um die Leistung in der IGT detailliert zu analysieren.

Entscheiden unter Risiko

Um Entscheidungen unter Risiko zu untersuchen, gibt es in der neuropsychologischen Forschung mehrere Spielaufgaben, wie die Cambridge Gambling Task (CGT) [75], die Game of Dice Task (GDT) [13, 14, 15, 16, 18, 19], die Guessing Task [39], die Probability-Associated Gambling (PAG) Task [81, 91] und die Cups Task [68]. Die Teilnehmer verfügen bei dieser Art von Spielaufgabe über explizite Regeln und Wahrscheinlichkeitsangaben für Gewinn und Verlust. Im folgenden Abschnitt werden zwei Spielaufgaben – CGT und PAG Task – vorgestellt, mit welchen SHT-Patienten [11, 80] in neuropsychologischen Studien untersucht wurden (s. Tab. 1). Weiters wird eine häufig publizierte Spielaufgabe – GDT – aus dem deutschen Sprachraum beschrieben.



Abb. 2: Probability-Associated Gambling (PAG) Task

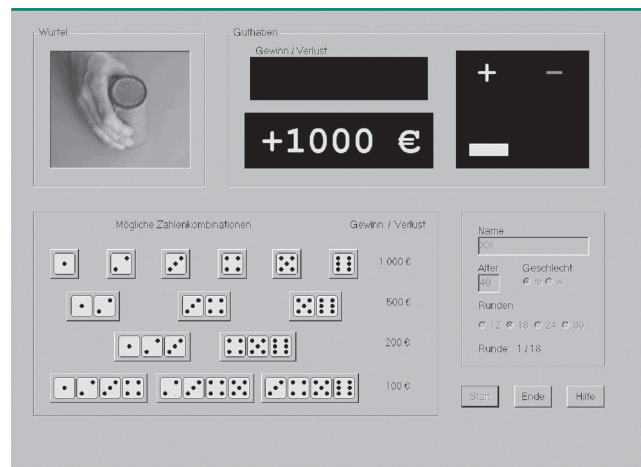


Abb. 3: Game of Dice Task (GDT)

Die CGT liegt im englischen Sprachraum als normiertes Verfahren in der Testbatterie CANTAB [79] vor. In der CGT sind bei jedem Durchgang am Bildschirm 10 Spielboxen in roter oder blauer Farbe ersichtlich. Die Teilnehmer werden zu Beginn informiert, dass in jedem Durchgang ein gelber Spielstein in einer der 10 Boxen versteckt ist. Die Proportion roter oder blauer Boxen variiert in jedem Durchgang (9:1, 8:2, 7:3, 6:4), und die Teilnehmer müssen sich entscheiden, wo der Spielstein versteckt ist. Nach ihrer Auswahl geben die Probanden einen Wetteinsatz auf ihre Entscheidung ab. Anschließend erhalten sie eine Rückmeldung, ob die Auswahl richtig war. Diese Aufgabe zielt darauf ab zu überprüfen, wie gut die Teilnehmer in der Lage sind, mit wahrscheinlichkeitsbasierten Angaben und expliziten Spielregeln eine bestimmte Situation abzuschätzen. Dabei können drei Faktoren analysiert werden: die benötigte Zeit bis zur Entscheidung, die Qualität der Entscheidung und das eingegangene Risiko. Diese Spielaufgabe wurde in vielen neuropsychologischen Studien verwendet, unter anderem, um die Wirkung von L-Dopa auf kognitive Prozesse bei Parkinson Patienten zu untersuchen [26]. Des Weiteren wurden Patienten mit ventralen Schädigungen des PFC [71], Patienten mit Läsionen im VMPC und insulären Kortex [25] und Patienten mit frontotemporaler Demenz [78] mit dieser Aufgabe untersucht.

In einer weiteren Spielaufgabe werden Entscheidungsprozesse unter Risiko untersucht. Die computerunterstützte PAG Task (s. Abb. 2) ist ein experimentelles Verfahren, das entwickelt wurde, um Entscheidungsprozesse unter Risiko zu analysieren. In dieser Aufgabe werden Probanden aufgefordert sich vorzustellen Teilnehmer in einer Lotterie zu sein mit dem Ziel soviel Geld wie möglich zu gewinnen. In jedem Durchgang haben sie die Möglichkeit, sich innerhalb von 10 Sekunden zu entscheiden, ob sie entweder einen kleinen Gewinn/Verlust von 20 Euro (Fixum) wählen oder ob sie das Risiko eingehen, um 100 Euro zu spielen (Spielen). Die Wahrscheinlichkeit, in jedem der 40 Durchgänge zu gewinnen, wird durch eine graue Box angezeigt, in welcher ein wechselndes Verhältnis (3:21, 9:15, 15:9, 21:3) von roten (»gut«) und blauen (»schlecht«) Würfeln (insgesamt 24 Würfel) präsentiert wird. Falls sich der Teilnehmer dazu entscheidet zu spielen, wird der Gewinn von 100 Euro – wenn ein roter Würfel gezogen wird – oder der Verlust von ebenfalls 100 Euro – wenn ein blauer Würfel gezogen wird – visuell präsentiert und von zwei verschiedenen akustischen Zeichen begleitet. Dabei ist es bei den niederen Gewinnwahrscheinlichkeiten günstiger, das Fixum zu wählen (3:21 oder $p=0,125$; 9:15 oder $p=0,375$) und bei den höheren Gewinnwahrscheinlichkeiten günstiger zu spielen (15:9 oder $p=0,625$; 21:3 oder $p=0,875$).

Diese Spielaufgabe wurde bei Patienten mit beginnender Alzheimer-Demenz durchgeführt [81]. Diese zeigten signifikante Schwierigkeiten im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen. Die Defizite waren nicht mit impulsivem und riskantem Spielverhalten verbunden, sondern hingen mit Beeinträchtigungen im Abschätzen der wahrscheinkeitsbasierten Angaben zusammen. In einer weiteren Studie [91], welche Alterseffekte bei Entscheidungsaufgaben untersucht, zeigte sich, dass das Entscheidungsverhalten älterer Personen und jüngerer Personen in dieser Spielaufgabe vergleichbar ist.

Eine weitere häufig verwendete Spielaufgabe ist die GDT (s. Abb. 3), in welcher Probanden in einer Würfelaufgabe möglichst hohe Gewinne erzielen sollen. Zu Spielbeginn werden den Probanden die Regeln über Gewinn/Verlust explizit erklärt. Die Teilnehmer müssen in jedem Durchgang auf eine einzelne Zahl oder eine Kombination von Zahlen (2, 3 oder 4 Zahlen) setzen. Dabei sind Gewinn bzw. Verlust der Antwortoption mit der Ereigniswahrscheinlichkeit (z.B. Gewinn/Verlust beim Setzen auf eine einzelne Zahl=1.000 Euro, Gewinn/Verlust beim Setzen auf eine Kombination von vier Zahlen=100 Euro) verbunden. Während der Teilnehmer beim Setzen einer Zahl das höchste Risiko eingeht, stellt das Setzen von vier Zahlen das geringste Risiko (konservativste Variante) dar. Während des gesamten Spieles (18 Durchgänge) sind die einzelnen Spieloptionen und die damit verknüpften Gewinn- und Verlustmöglichkeiten am Bildschirm sichtbar. Diese Wahrscheinlichkeiten bleiben, im Gegensatz zur CGT und zur PAG Task, während des Spieles stabil. Das Setzen auf eine Kombination aus 3 oder 4 Zahlen wird als

»günstig« (Gewinnwahrscheinlichkeit 50% und höher), das Setzen auf eine einzelne Zahl oder Kombination aus zwei Zahlen als »ungünstig« (Gewinnwahrscheinlichkeit <50%) gewertet. Von Beginn an kann ein Proband das Risiko jeder Antwortoption einschätzen und in Kombination mit dem Feedback eine Langzeitstrategie entwickeln.

In verschiedenen Studien wurden in der GDT bei verschiedenen neurologischen und psychiatrischen Patientengruppen signifikante Unterschiede zu gesunden Kontrollpersonen gefunden, z.B. Parkinsonerkrankung [17], beginnende Alzheimer-Demenz [32], Pathologische Spieler [16], Korsakoff-Patienten [15], Bulimia Nervosa [14].

Entscheiden bei Patienten nach Schädelhirntrauma (SHT)

Während es zahlreiche Arbeiten gibt, welche kognitive Prozesse bei SHT-Patienten untersuchen, gibt es in den letzten Jahren nur einzelne Arbeiten, welche Entscheidungsprozesse bei dieser Patientengruppe mit Hilfe von experimentellen Verfahren analysieren und den Zusammenhang zu neuroanatomischen Hirnarealen herzustellen versuchen [69, 80, 89]. Im folgenden Abschnitt werden aktuelle Studienergebnisse präsentiert (s. Tab. 1). Der erste Teil befasst sich mit der IGT; im zweiten Teil stehen Aufgaben (CGT; PAG Task), welche Entscheidung unter Risiko messen, im Mittelpunkt.

Eine Studie von Levine und Mitarbeitern [69] untersuchte den Einfluss der Lokalisation der Läsion, der Atrophie, des Schweregrades der Verletzung und des kognitiven und psychosozialen Ergebnisses auf das Entscheiden. Dafür untersuchten sie 71 Patienten mit leichtem, mittelgradigem oder schwerem SHT im Vergleich zu 22 gesunden Kontrollpersonen mit der IGT, neuropsychologischen Tests (Gedächtnis, exekutive Funktionen) und Fragebögen zum psychosozialen Status. Im Zentrum ihrer Studie stand die Analyse des Zusammenhanges zwischen den in MRI-Bildern dokumentierten Läsionen und der Leistung in der IGT. Das Ergebnis zeigte, dass kein Zusammenhang zwischen Spielleistung, Schweregrad des Traumas und Phase der Atrophie besteht. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass nicht nur Patienten mit großen frontalen Läsionen, sondern auch jene Patienten mit multiplen Läsionen bzw. Läsionen in anderen Hirnarealen signifikante Schwierigkeiten beim Treffen günstiger Entscheidungen aufweisen. Diese Studie kam zu dem Schluss, dass sich Defizite in der IGT nicht auf Patienten mit frontalen Läsionen beschränken. Zu diesem Ergebnis kamen auch Fujiwara et al. [44] in ihrer Studie. Sie untersuchten den Zusammenhang zwischen Läsionen im ventralen frontalen Kortex und der Entscheidungsfähigkeit bei einer Gruppe von 58 Patienten mit leichtem, mittelgradigem und schwerem SHT mittels IGT und MRI. 40 Patienten zeigten diffuse Schädigungen, die restlichen Patienten hingegen fokale Läsionen. Im Vergleich zu der Kontrollgruppe wählten Patienten signifikant häufiger die ungünstigen Kartenstapel. Eine genauere Analyse zeigte, dass sich die Spielleistung der Kontrollpersonen von Block 1 bis Block 5 stetig verbesserte. Kontrollpersonen

Autoren	Teilnehmer	Aufgabe	Ergebnisse
Levine et al. (2005) [69]	SHT-Patienten (n = 71); KG (n = 22)	IGT	Sensitivität der IGT hinsichtlich SHT im Allgemeinen, aber nicht bezüglich Atrophie. Korrelationen zwischen IGT und exekutiven Funktionen.
Salmond et al. (2005) [80]	SHT-Patienten (n = 43); KG (n = 29)	CGT	SHT-Patienten spielten impulsiver, langsamer und trafen ungünstigere Entscheidungen als die KG.
Wiederkehr et al. (2005) [89]	SHT-Patienten (n = 15); KG (n = 15)	IGT	SHT-Patienten spielten signifikant ungünstiger als die KG. Korrelationen zwischen IGT und exekutiven Funktionen.
Hanten et al. (2006) [56]	SHT-Patienten (n = 11)	IGT	Kinder mit Läsionen der Amygdala waren beeinträchtigt in der IGT; Kinder mit ventromedialen Läsionen nicht.
García-Molina et al. (2007) [47]	SHT-Patienten (n = 40); KG (n = 30)	IGT	SHT-Patienten zeigten in der IGT eine schlechtere Leistung als die KG. Diese Leistung korrelierte mit dem expliziten Wissen über die Aufgabe.
Fujiwara et al. (2008) [44]	SHT-Patienten (n = 58); KG (n = 25)	IGT	SHT-Patienten wählten in der IGT im Vergleich zur KG signifikant häufiger die ungünstigen Kartenstapel. Die IGT kann aufgrund seiner Komplexität nicht einer einzigen kortikalen Region zugeordnet werden.
Bonatti et al. (2008) [11]	SHT-Patienten (n = 21); KG (n = 20)	IGT, PAG	SHT-Patienten zeigten verglichen mit der KG signifikante Schwierigkeiten in der IGT und in der PAG task. Korrelationen zwischen beiden Aufgaben und exekutiven Funktionen.

Tab. 1: Überblick von aktuellen Studien zu Schädelhirntrauma und Entscheidungsprozessen; SHT: Schädelhirntrauma; KG: Kontrollgruppe; IGT: Iowa Gambling Task; CGT: Cambridge Gambling Task; PAG: Probability-Associated Gambling Task

wählten zwar zu Beginn die ungünstigeren Karten, wechselten aber ab dem zweiten Block zu den günstigen Stapeln. SHT-Patienten hingegen begannen vorsichtiger, konnten sich nicht über die fünf Blöcke verbessern. Die Leistung in der IGT hing mit der Abnahme der grauen Substanz im frontalen Kortex zusammen sowie mit Abnahme der grauen Substanz in beiden medialen Temporallappen, im rechten posterioren Cingulären Gyrus und in den rechten anterioren Basalganglien. Die Autoren konnten zeigen, dass komplexe Aufgaben wie die IGT nicht nur eine kortikale Region beanspruchen, sondern dass verschiedene Strukturen des Gehirns im Prozess des Entscheidens involviert sind. Diese Ergebnisse werden von bildgebenden Studien gestützt, welche die Beteiligung von verschiedenen kortikalen Regionen beim Treffen von Entscheidungen nachweisen konnten [45, 90].

Eine weitere Studie [89] konnte signifikante Defizite von 15 SHT-Patienten im Vergleich zu 15 gesunden Kontrollpersonen in der IGT nachweisen. Das anatomische Verletzungsmuster bestand überwiegend aus multifokalen Läsionen mit frontalem Schwerpunkt. SHT-Patienten entschieden sich in den drei letzten Blöcken der Aufgabe signifikant ungünstiger als die Vergleichsgruppe. Zusätzlich wurde eine Testbatterie zur Überprüfung exekutiver Funktionen durchgeführt. Vergleichbar mit den Ergebnissen von Levine et al. [69], konnte auch in dieser Studie ein Zusammenhang zwischen der Spielleistung in der IGT und exekutiven Funktionen nachgewiesen werden. Die Anzahl günstiger Kartenstapel korrelierte mit kognitiver Flexibilität, Arbeitsgedächtnis und Inhibitionskontrolle. Aus diesen Ergebnissen schließen die Autoren, dass exekutive Funktionen die Leistung in der Gambling-Aufgabe beeinflussen und dass die IGT von multiplen Faktoren bestimmt wird. Garcia-Molina und Mitarbeiter [47] replizierten bisherige Ergebnisse der IGT. Diese Studie untersuchte das Entscheidungsverhalten von 40 Patienten nach erlittenem mittel-

gradigen oder überwiegend schweren SHT mit temporalen und frontalen Läsionen, aber auch diffusen axonalen Schädigungen. Am Ende der Aufgabe wurde in einem weiteren Schritt das konzeptuelle Wissen über die Verstärkerbedingungen der Aufgabe (Verlust-Belohnungsschema) untersucht. Teilnehmer mussten mündlich angeben, welche Kartenstapel langfristig gesehen günstig und welche hingegen ungünstig waren. SHT-Patienten wählten signifikant häufiger die ungünstigen Kartenstapel als gesunde Kontrollen. Es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Wissen um Gewinn bzw. Verlust und der Spielleistung. Patienten mit explizitem Wissen zeigten eine bessere Spielleistung im Vergleich zu Patienten ohne dieses Wissen.

Defizite in der IGT zeigten sich auch in einer Studie, welche elf Kinder nach mittelgradigem bis schwerem SHT untersuchten. Hierbei waren Läsionen der Amygdala und nicht Läsionen des VMPC ausschlaggebend für die beeinträchtigte Entscheidungsfindung [56].

Zusammenfassend lässt sich aus diesen Studien festhalten, dass Patienten nach erlittenem SHT in der IGT ungünstiger entscheiden als Kontrollen. SHT-Patienten wählen im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen häufiger ungünstige Kartenstapel. Schwierigkeiten in der IGT lassen sich nicht auf Läsionen einer bestimmten kortikalen Region zurückführen. Vielmehr muss von einem intakten Netzwerk von Strukturen ausgegangen werden, um in der IGT ein günstiges Entscheidungsverhalten zu zeigen. Die zukünftige Forschung sollte weitere Faktoren wie zum Beispiel Bearbeitungsgeschwindigkeit oder Verarbeitung von Feedback untersuchen, um genauere Aussagen darüber treffen zu können, welche Komponenten zu einer beeinträchtigten Entscheidung führen. Viele Fragen bleiben zum jetzigen Zeitpunkt noch unbeantwortet.

Bislang gibt es nach unserem Wissensstand nur zwei Studien zu Entscheidungsprozessen unter Risiko bei SHT-Patienten. In der Studie von Salmond und Mitarbeitern [80]

wurden 43 Patienten nach leichten, mittelgradigen oder schweren SHT im Vergleich zu 29 Kontrollpersonen mit der CGT untersucht. Dabei wurden drei Parameter analysiert: die Geschwindigkeit der Entscheidung, die Qualität der Entscheidung und die Anpassung des Wetteinsatzes an das Risiko. Patienten brauchten signifikant mehr Zeit als gesunde Kontrollen beim Treffen der Entscheidung. Bei sehr günstigen Gewinnchancen (z. B. 9:1) entschieden sich SHT-Patienten – wie Kontrollpersonen – für die wahrscheinlichste Option. Im Gegensatz dazu entschieden sich die SHT-Patienten weniger oft als Kontrollpersonen für die wahrscheinlichste Option, wenn die Gewinnchancen weniger günstig waren (z. B. 6:4). Insgesamt trafen Patienten weniger günstige Entscheidungen. Darüber hinaus zeigte sich, dass SHT-Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe Wetteinsätze impulsiver wählten.

In einer weiteren Studie [11] wurden Entscheidungen unter Risiko und Entscheidungen unter Unsicherheit mit zwei unterschiedlichen Verfahren in einer Gruppe von SHT-Patienten analysiert. Es zeigte sich, dass 21 chronische SHT-Patienten sowohl in der IGT als auch in der PAG Task im Vergleich zu gesunden Kontrollen signifikant ungünstiger wählten. Die Ergebnisse weisen daraufhin, dass SHT-Patienten nicht generell risikofreudiger und impulsiver waren, sondern die ungünstigeren Entscheidungen auf Schwierigkeiten im Abschätzen von Wahrscheinlichkeiten beruhen und auf der mangelnden Verarbeitung von Feedback. Beide Arten der Entscheidung korrelierten mit mehreren frontal-exekutiven Funktionen, wie Planen, kognitive Flexibilität, Wortflüssigkeit und Schätzen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Entscheidungsprozesse unter Risiko bei SHT-Patienten nur wenig untersucht wurden. Da die Fähigkeit günstige Entscheidungen zu treffen essentiell für die soziale und berufliche Rehabilitation ist, sollte diesem Bereich in der Forschung und Diagnostik mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Überlegungen zur Therapie

Die Bewältigung von Alltagsanforderungen stellt für viele SHT-Patienten eine Schwierigkeit dar. Häufig sind Patienten nicht mehr in der Lage, ihren Alltag zielgerichtet zu planen und sich zu entscheiden, welche Schritte notwendig sind, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen [23]. Erschwert wird diese Störung dadurch, dass die Patienten häufig nicht aus gemachten Fehlern lernen können [57] und impulsiv und wenig kontrolliert handeln. Häufig haben die Patienten auch Schwierigkeiten, langfristig günstige Entscheidungen zu treffen. Überforderung tritt auch dann auf, wenn schnelle Entscheidungen getroffen werden sollen. Die Schwierigkeit, rasch Entscheidungen zu treffen, wirkt sich auch beim Wiedereinstieg in den Beruf ungünstig aus. Gerade wenn Zeitdruck herrscht und Termine zu raschen Entscheidungen zwingen, sind Patienten oft überfordert. Daher ist eine therapeutische Intervention bei dieser Patientengruppe notwendig, um Einschränkungen im Alltag entgegenzuwirken und die Möglichkeiten der beruflichen Wiedereingliederung

zu verbessern [54]. Erschwerend für die Rehabilitation ist die Tatsache, dass exekutive Defizite und Schwierigkeiten im Entscheiden häufig erst im Alltag bei der Rückkehr zu komplexeren Anforderungen auffallen.

Soweit ersichtlich, gibt es keine standardisierten Therapiemanuale zur Rehabilitation bei Schwierigkeiten im Entscheidungsprozess, welche zugleich bei verschiedenen Krankheitsbildern durchführbar sind. Bislang gibt es nur hypothetische Ansätze, welche sich an verhaltenstherapeutischen Konzepten orientieren.

Rezente Studien nehmen an, dass beim Treffen von Entscheidungen verschiedene kognitive und emotionale Komponenten involviert sind (siehe Erklärungsmodelle) [18]. Während bei Patienten nach erlittenem SHT meist das schnelle, intuitive emotionale Entscheiden beeinträchtigt ist, ist der kognitive Weg oft besser erhalten. Probleme unter Risiko werden von manchen Patienten besser bewältigt als Probleme unter Unsicherheit. Ziel einer kognitiven Therapie könnte es sein, Entscheidungssituationen unter Unsicherheit in solche unter Risiko zu verwandeln. Dazu müssen schnelle, impulsive Entscheidungen gehemmt werden und Informationen gesammelt werden, um die günstigste Alternative auszuwählen. Ziel wäre eine Verschiebung der Entscheidungsprozesse vom schnellen und intuitiven Pfad zu einem langsameren kognitiven Verarbeiten. Das Hemmen einer impulsiven Entscheidung und das überlegte Suchen nach relevanten Informationen könnten im Mittelpunkt stehen. Diese Grundgedanken sind verschiedenen Ansätzen zur Rehabilitation bei exekutiven Störungen gemeinsam [51]. Dabei steht die Vermittlung von Strategien im Mittelpunkt mit deren Hilfe komplexe Probleme in leichter lösbare Schritte aufgeteilt werden [27]. Goldenberg et al. [51] beschreiben verschiedene Interventionsstrategien für die Therapie von Überforderungen in Alltagssituationen: Reduktion von Tempoanforderungen, Reduktion des Komplexitätsgrades durch Vereinfachen und Inanspruchnahme externer Hilfen, Aufbau von Routinen für den Umgang schwieriger und unerwarteter Ereignisse, um einige zu nennen. Bei Störungen der Entscheidungsfähigkeit könnte man ähnlich spezifisch erarbeitete Strategien entwickeln, um komplexe Entscheidungen in weniger komplexe Aufgaben zu zergliedern. In einem weiteren Schritt könnte das Treffen von Entscheidungen im Rahmen eines Kompetenztrainings in der realen Welt vom Patienten selbstständig ausgeführt und trainiert werden. Ergebnisse können dann in weiteren Therapiesitzungen besprochen und bearbeitet werden.

Diskussion

Während neuropsychologische Untersuchungen von Entscheidungsprozessen bei neurologischen und psychiatrischen Patienten in zahlreichen Studien durchgeführt wurden, besteht bislang wenig Kenntnis über die Entscheidungsfähigkeit bei SHT-Patienten. Diese Patientengruppe zeigt häufig ein auffälliges Verhalten und Schwierigkeiten beim Treffen von Entscheidungen im alltäglichen Leben [10]. Meist werden Schwierigkeiten im Entscheiden

beschrieben, aber nur selten psychometrisch erfasst. Aus den bislang durchgeführten Untersuchungen lässt sich zusammenfassen, dass Patienten nach einem SHT neben den häufig beschriebenen Defiziten in den Bereichen Aufmerksamkeit, Gedächtnis und exekutive Funktionen auch Schwierigkeiten beim Treffen von Entscheidungen zeigen. Störungen in der Entscheidungsfähigkeit lassen sich nicht auf eine bestimmte Läsion im Gehirn lokalisieren, da ein komplexes Netzwerk kortikaler und subkortikaler Strukturen am Entscheidungsprozess beteiligt ist.

Um Entscheidungsprozesse zu untersuchen, wird in der neuropsychologischen Forschung häufig die IGT verwendet [6, 37]. Bislang untersuchte nur eine Forschergruppe die ökologische Validität dieses Verfahrens [33]. Sie konnte zeigen, dass gesunde ältere Menschen, welche in der IGT Defizite zeigten, auch bei Entscheidungen mit irreführender Werbung beeinträchtigt waren. Dieses Ergebnis gibt Hinweise für die ökologische Validität dieses Messinstrumentes. Zusätzliche Studien werden jedoch benötigt, um klarere Aussagen darüber machen zu können, ob Personen mit Schwierigkeiten in der IGT auch im alltäglichen Leben ungünstige Entscheidungen treffen bzw. welcher Art die Schwierigkeiten sind. Diskutiert wird, ob Entscheidungen von Probanden wesentlich davon beeinflusst werden, ob sie reale finanzielle Risiken eingehen oder nicht. Obwohl Bowman und Turnbull [12] in ihrer Studie nachwiesen, dass sich kein Unterschied zwischen der Verwendung von Spielgeld und echten finanziellen Belohnungen in der Spielleistung der IGT zeigte, besteht dennoch die Möglichkeit, dass das Verwenden von Spielgeld nur bedingte ökologische Validität zulässt.

Bisher gibt es bis auf die CGT im englischen Sprachraum keine standardisierten neuropsychologischen Testverfahren zur Erfassung von Entscheidungsprozessen. Die in diesem Artikel vorgestellten Spielaufgaben liegen bis auf die CGT ausschließlich in experimentellen Versionen vor. Der Kenntnisstand der Forschung muss erweitert werden, um klinisch-ökologische deutschsprachige Verfahren für die Praxis entwickeln zu können, um die Art der Defizite im Entscheidungsprozess diagnostizieren zu können. Erschwerend für die Entwicklung geeigneter Testverfahren ist, dass sich auch bei gesunden Probanden große interindividuelle Unterschiede im Entscheidungsverhalten zeigen. Wie in zahlreichen Untersuchungen belegt, zeigen auch gesunde Probanden oft ein zufälliges Antwortmuster in der IGT [4, 34]. Seltener wird jedoch ein definitiv ungünstiges Antwortverhalten bei gesunden Probanden festgestellt (0% bei jungen Probanden; 2% bei älteren Probanden) [91]. Ziel der Forschung sollte es sein, diagnostische Instrumente zu entwickeln, die es erlauben günstiges und ungünstiges Entscheidungsverhalten nicht nur auf Gruppenebene, sondern auch im Einzelfall eindeutig zu bestimmen. Weiters sollten Entscheidungen unter Risiko und Entscheidungen unter Unsicherheit differenziert werden. Diese Differenzierung könnte Hinweise darauf geben, welche Ressourcen im Verlauf der Rehabilitation genutzt werden können. Die Erstellung von Therapiekonzepten sollte angestrebt werden,

damit Patienten gezielt darauf vorbereitet werden, günstige Entscheidungen im Alltag zu treffen.

Danksagung

Diese Studie wurde unterstützt von FWF Projekt P 18896-B05. Die Veröffentlichung der Abbildung der IGT erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Prof. Antoine Bechara (Universität Iowa). Die Veröffentlichung der Abbildung der GDT erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Prof. Matthias Brand (Universität Bielefeld) bzw. der American Psychological Association (APA, Washington DC).

Literatur

- Alexander GE, DeLong MR, Strick PL. Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annu Rev Neurosci* 1986; 9: 357-381.
- Ashley MJ, Persel CS, Clark MC, Krych DK. Long-term follow-up of post-acute traumatic brain injury rehabilitation: a statistical analysis to test for stability and predictability of outcome. *Brain Inj* 1997; 11: 677-690.
- Bayly PV, Cohen TS, Leister EP, Ajo D, Leuthardt E, Genin GM. Deformation of the human brain induced by mild acceleration. *J Neurotrauma* 2005; 22: 845-856.
- Bechara A, Damasio H. Decision-making and addiction (part I): impaired activation of somatic states in substance dependent individuals when pondering decisions with negative future consequences. *Neuropsychologia* 2002; 40: 1675-1689.
- Bechara A, Damasio H, Damasio AR. Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cereb Cortex* 2000; 10: 295-307.
- Bechara A, Damasio AR, Damasio H, Anderson SW. Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition* 1994, 50: 7-15.
- Bechara A, Damasio H, Damasio AR, Lee GP. Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *J Neurosci* 1999; 19: 5473-5481.
- Bechara A, Damasio H, Tranel D, Damasio AR. Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science* 1997; 275: 1293-1295.
- Bechara A, Tranel D, Damasio H. Characterization of decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain* 2000; 123: 2189-2202.
- Blair RJ, Cipolotti L. Impaired social response reversal: a case of «acquired sociopathy». *Brain* 2000; 123: 1122-1141.
- Bonatti E, Zamarian L, Wagner M, Benke T, Hollosi P, Strubelther W, et al. Making decisions and advising decisions in Traumatic Brain Injury. *Cogn Behav Neurol* 2008; 21: 164-175.
- Bowman CH, Turnbull OH. Real versus facsimile reinforces on the Iowa Gambling Task. *Brain Cogn* 2003; 53: 207-210.
- Brand M. Does the feedback from previous trials influence current decisions? A study on the role of feedback processing in making decisions under explicit risk conditions. *J Neuropsychol* 2008; 2: 431-443.
- Brand M, Franke-Sievert C, Jacoby GE, Markowitsch HJ, Tuschendorf B. Neuropsychological correlates of decision making in patients with bulimia nervosa. *Neuropsychology* 2007; 21: 742-750.
- Brand M, Fujiwara E, Borsutzky S, Kalbe E, Kessler J, Markowitsch HJ. Decision-making making deficits of korsakoff patients in a new gambling task with explicit rules: associations with executive functions. *Neuropsychology* 2005; 19: 267-277.
- Brand M, Kalbe E, Labudda K, Fujiwara E, Kessler J, Markowitsch HJ. Decision-making impairments in patients with pathological gambling. *Psychiatry Res* 2005; 133: 91-99.
- Brand M, Labudda K, Kalbe E, Hilker R, Emmans D, Fuchs G, et al. Decision-making impairments in patients with Parkinson's disease. *Behav Neurol* 2004; 15: 77-85.
- Brand M, Labudda K, Markowitsch HJ. Neuropsychological correlates of decision-making in ambiguous and risky situations. *Neural Netw* 2006; 19: 1266-1276.
- Brand M, Recknor EC, Grabenhorst F, Bechara A. Decisions under ambiguity and decisions under risk: Correlations with executive functions and comparisons of two different gambling tasks with implicit and explicit rules. *J Clin Exp Neuropsychol* 2007; 29: 86-99.

20. Breiter HC, Aharon I, Kahneman D, Dale A, Shizgal P. Functional imaging of neural responses to expectancy and experience of monetary gains and losses. *Neuron* 2001; 30: 619-639.
21. Brooks N, McKinlay W, Symington C, Beattie A, Campsie L. Return to work within the first seven years of severe head injury. *Brain Inj* 1987; 1: 5-19.
22. Busemeyer JR, Stout JC. A contribution of cognitive decision models to clinical assessment: decomposing performance on the Bechara gambling task. *Psychol Assess* 2002; 14: 253-262.
23. Channon S, Crawford S. Problem-solving in real-life-type situations: the effects of anterior and posterior lesions on performance. *Neuropsychologia* 1999; 37: 757-770.
24. Cicerone KD, Tannenbaum NL. Disturbance of social cognition after traumatic orbitofrontal brain injury. *Arch Clin Neuropsychol* 1997; 12: 173-188.
25. Clark L, Bechara A, Damasio H, Aitken MR, Sahakian BJ, Robbins TW. Differential effects of insular and ventromedial prefrontal cortex lesions on risky decision-making. *Brain* 2008; 131: 1311-1322.
26. Cools R, Barker RA, Sahakian BJ, Robbins TW. L-Dopa medication remediates cognitive inflexibility, but increases impulsivity in patients with Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 2003; 41: 1431-1441.
27. Cramon DY von, Matthes-von Cramon G, Mai N. Problem-solving deficits in brain-injured patients. A therapeutic approach. *Neuropsychol Rehabil* 1991; 1: 45-64.
28. Damasio AR. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1996; 351: 1413-1420.
29. Damasio H. Human brain anatomy in computerized images. Oxford University Press, New York 1995.
30. Damasio H, Grabowski T, Frank R, Galaburda A, Damasio AR. The return of Phineas Gage: The skull of a famous patient yields clues about the brain. *Science* 1994; 264: 1102-1105.
31. Damasio AR, Tranel D, Damasio H. In: Levin HS, Eisenberg HM, Benton AL (ed): *Frontal Lobe Function and Dysfunction*. Oxford University Press, New York 1991, 217-229.
32. Delazer M, Sinz H, Zamarian L, Benke T. Decision-making with explicit and stable rules in mild Alzheimer's disease. *Neuropsychologia* 2007; 45: 1632-1641.
33. Denburg NL, Cole CA, Hernandez M, Yamada TH, Tranel D, Bechara A, et al. The orbitofrontal cortex, real-world decision-making, and normal aging. *Ann NY Acad Sci* 2007; 1121: 480-498.
34. Denburg NL, Tranel D, Bechara A. The ability to decide advantageously declines prematurely in some normal older persons. *Neuropsychologia* 2005; 43: 1099-1106.
35. Dombrov ML, Olek AC. Recovery and rehabilitation following traumatic brain injury. *Brain Inj* 1997; 11: 305-318.
36. Dubois B, Slachevsky A, Litvan I, Pillon B. The FAB: a frontal assessment battery at bedside. *Neurology* 2000; 55: 1601-1602.
37. Dunn BD, Dalgleish T, Lawrence AD. The somatic marker hypothesis: a critical evaluation. *Neurosci Biobehav Rev* 2006; 30: 239-271.
38. Dyer KF, Bell R, McCann J, Rauch R. Aggression after traumatic brain injury: analysing socially desirable responses and the nature of aggressive traits. *Brain Inj* 2006; 20: 1163-1173.
39. Elliott R, Rees G, Dolan RJ. Ventromedial prefrontal cortex mediates guessing. *Neuropsychologia* 1999; 37: 403-411.
40. Eslinger PJ, Damasio AR. Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: patient EVR. *Neurology* 1985; 35: 1731-1741.
41. Fleminger S. Long-term psychiatric disorders after traumatic brain injury. *Eur J Anaesthesiol Suppl* 2008; 42: 123-130.
42. Fontaine A, Azouvi P, Remy P, Busel B, Samson Y. Functional anatomy of neuropsychological deficits after severe traumatic brain injury. *Neurology* 1999; 53: 1963-1968.
43. Frankowski RF, Annegers JF, Whitman S. In: Becker DP, Povlishock JT (ed): *Central nervous system trauma*. National Institutes of Health, Bethesda 1985.
44. Fujiwara E, Schwartz ML, Gao F, Black SE, Levine B. Ventral frontal cortex functions and quantified MRI in traumatic brain injury. *Neuropsychologia* 2008; 46: 461-474.
45. Fukui H, Murai T, Fukuyama H, Hayashi T, Hanakawa T. Functional activity related to risk anticipation during performance of the Iowa Gambling Task. *Neuroimage* 2005; 24: 253-259.
46. Gallagher CN, Hutchinson PJ, Pickard JD. Neuroimaging in trauma. *Curr Opin Neurol* 2007; 20: 403-409.
47. Garcia-Molina A, Roig T, Ensenat-Cantalops A, Sanchez-Carrion R, Pico-Azanza N, Pena-Casanova J. Examination of decision-making processes in patients with traumatic brain injury. *Neurologia* 2007; 22: 206-212.
48. Gentry LR, Godersky JC, Thompson B. MR imaging of head trauma: review of the distribution and radiopathologic features of traumatic lesions. *AJR Am J Roentgenol* 1988; 150: 663-672.
49. Goldstein FC, Levin HS. In: Bigler ED (ed): *Traumatic brain injury*. TX Pro-ed, Austin 1990.
50. Goldenberg G. The life of Phineas Gage – stories and reality. *Cortex* 2004; 40: 552-555.
51. Goldenberg G, Pössl J, Ziegler W. *Neuropsychologie im Alltag*. Thieme, Stuttgart 2002.
52. Grafman J, Schwab K, Warden D, Pridgen A, Brown HR, Salazar AM. Frontal lobe injuries, violence, and aggression: a report of the Vietnam Head Injury Study. *Neurology* 1996; 46: 1231-1238.
53. Greenwald BD, Burnett DM, Miller MA. Congenital and acquired brain injury. 1. Brain injury: epidemiology and pathophysiology. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 3-7.
54. Haffey W, Lewis FD. Programming for occupational outcomes following traumatic brain injury. *Rehabil Psychol* 1989; 34: 147-157.
55. Hanten G, Scheibel RS, Li X, Oomer I, Stallings-Roberson G, Hunter J, et al. Decision-making after traumatic brain injury in children: a preliminary study. *Neurocase* 2006; 12: 247-251.
56. Hart T, Giovannetti T, Montgomery MW, Schwartz MF. Awareness of errors in naturalistic action after traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 1998; 13: 16-28.
57. Hsu M, Bhatt M, Adolphs R, Tranel D, Camerer CF. Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making. *Science* 2005; 310: 1680-1683.
58. Janowsky JS, Shimamura AP, Squire LR. Source memory impairment in patients with frontal lobe lesions. *Neuropsychologia* 1989; 27: 1043-1056.
59. Kischka U, Spitzer M, Kammer T. Frontal-subkortikale neuronale Schaltkreise. *Fortschri Neurol Psychiatr Grenzgeb* 1997; 65: 221-331.
60. Knight FH. Risk, Uncertainty and Profit. Mifflon Company, Houghton 1921.
61. Knutson B, Adams CM, Fong GW, Hommer D. Anticipation of increasing monetary reward selectively nucleus accumbens. *J Neurosci* 2001; 21: RC159.
62. Krawczyk DC. Contributions to the prefrontal cortex to the neural basis of human decision making. *Neurosci Biobehav Rev* 2002; 26: 631-664.
63. Kurtzke JF. Neuroepidemiology. *Ann Neurol* 1984; 16: 265-277.
64. Levin HS, Amparo E, Eisenberg HM, Williams DH, High WM Jr, McArdle CB. Magnetic resonance imaging and computerized tomography in relation to the neurobehavioral sequelae of mild and moderate head injuries. *J Neurosurg* 1987; 66: 706-713.
65. Levin HS, Goldstein FC. Organization of verbal memory after severe closed-head injury. *J Clin Exp Neuropsychol* 1986; 8: 643-656.
66. Levin HS, Goldstein FC, Williams DH, Eisenberg HM. In: Levin HS, Eisenberg HM, Benton AL (ed): *Frontal lobe function and dysfunction*. Oxford University Press, New York 1991, 318-338.
67. Levin IP, Hart SS. Risk preferences in young children: Early evidence of individual differences in reaction to potential gains and losses. *J Behav Dec Making* 2003; 16: 397-413.
68. Levine B, Black SE, Cheung G, Campbell A, O'Toole C, Schwartz ML. Gambling task performance in traumatic brain injury. Relationships to injury severity, atrophy, lesion location, and cognitive and psychosocial outcome. *Cogn Behav Neurol* 2005; 18: 45-54.
69. MacMillan M. An odd kind of fame – stories of Phineas Gage. London MIT Press, Cambridge 2002.
70. Manes F, Sahakian B, Clark L, Rogers R, Antoun N, Aitken M, Robbins T. Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain* 2002; 125: 624-639.
71. Mazaux JM, Masson F, Levin HS, Alaoui P, Maurette P, Barat M. Long-term neuropsychological outcome and loss of social autonomy after traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1997; 78: 1316-1320.
72. Metting Z, Rödiger LA, De Keyser J, van der Naalt J. Structural and functional neuroimaging in mild-to-moderate head injury. *Lancet Neurol* 2007; 6: 699-710.
73. Meythaler JM, Peduzzi JD, Eleftheriou E, Novack TA. Current concepts: diffuse axonal injury-associated traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 1461-1471.
74. Miller LA. Impulsivity, risk-taking, and the ability to synthesize fragmented information after frontal lobectomy. *Neuropsychologia* 1992; 30: 69-79.

76. Murray GD, Teasdale GM, Braakman R, Cohadon F, Dearden M, Iannotti F, et al. The European Brain Injury consortium survey of head injuries. *Acta Neurochir* 1999; 141: 223-236.
77. Prigatano GP. Personality disturbances associated with traumatic brain injury. *Consult Clin Psychol* 1992; 60: 360-368.
78. Rahman S, Sahakian BJ, Hodges JR, Rogers RD, Robbins TW. Specific cognitive deficits in mild frontal variant frontotemporal dementia. *Brain* 1999; 8: 1469-1493.
79. Robbins TW, James M, Owen AM, Sahakian BJ, McInnes L, Rabbitt P. Cambridge neuropsychological test automated battery (CANTAB): a factor analytic study of a large sample of normal elderly volunteers. *Dementia* 1994; 5: 266-281.
80. Salmund CH, Menon DK, Chatfield DA, Pickard JD, Sahakian BJ. Deficits in decision-making in head injury survivors. *J Neurotrauma* 2005; 22: 613-622.
81. Sinz H, Zamarian L, Benke T, Wenning GK, Delazer M. Impact of ambiguity and risk on decision making in mild Alzheimer's disease. *Neuropsychologia* 2008; 46: 2043-2055.
82. Stengler-Wenzke K, Müller U, Matthes-von-Cramon G. Compulsive-obsessive disorder after severe head trauma: diagnosis and treatment. *Psychiatr Prax* 2003; 30: 37-39.
83. Stuss DT, Alexander MP. Executive functions and the frontal lobes: conceptual view. *Psychol Res* 2000; 63: 289-298.
84. Stuss DT, Gow CA. »Frontal dysfunction« after traumatic brain injury. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol* 1992; 5: 272-282.
85. Stuss DT, Stethem LL, Hugenholtz H, Picton T, Pivik J, Richard MT. Reaction time after head injury: fatigue, divided and focused attention, and consistency of performance. *J Neurol Neurosur Psychiatry* 1989; 52: 742-748.
86. Tate RL. Executive dysfunction and characterological changes after traumatic brain injury: two sides of the same coin?. *Cortex* 1999; 35: 39-55.
87. Trepel C, Fox CR, Poldrack RA. Prospect theory on the brain? Toward a cognitive neuroscience of decision under risk. *Cogn Brain Res* 2005; 23: 34-50.
88. Wallesch CW. In: Förstl H (ed): *Frontallhirn Funktionen und Erkrankungen*. Springer Medizin, Heidelberg 2005, 378-384.
89. Wiederkehr S, Barat M, Dehail P, de Séze M, Lozes-Boudillon S, Giroire JM. Decision making and executive function in severe traumatic brain injured patients: validation of a decision-making task and correlated features. *Rev Neurol (Paris)* 2005; 161: 201-210.
90. Yacubian J, Sommer T, Schroeder K, Gläscher J, Braus DF, Büchel C. Subregions of the ventral striatum show preferential coding of reward magnitude and probability. *Neuroimage* 2007; 38: 557-563.
91. Zamarian L, Sinz H, Bonatti E, Gamboz, E, Delazer M. Normal aging affects decisions under ambiguity, but not decisions under risk. *Neuropsychology* 2008; 22: 645-657.
92. Zebeholzer K, Oder W. Neurological and psychosocial sequelae 4 and 8 years after severe craniocerebral injury: a catamnestic study. *Wien Klin Wochenschr* 1998; 110: 253-261.

Interessenvermerk:

Es besteht kein Interessenkonflikt. Die korrespondierende Autorin versichert, dass das Thema unabhängig und produktneutral präsentiert wurde. Verbindungen zu einer Firma, die ein genanntes Produkt oder ein Konkurrenzprodukt herstellt oder vertreibt, bestehen nicht.

Korrespondenzadresse:

Mag. Elisabeth Bonatti
Klinik für Neurologie
Medizinische Universität Innsbruck
Anichstrasse 35
A-6020 Innsbruck
E-Mail: Elisabeth.Bonatti@i-med.ac.at