



Matthias R. Lemke

Kinematische Erfassung von Störungen der Impulskontrolle

Impulsivität und Motorik

Matthias R. Lemke

Rheinische Kliniken Bonn

psychoneuro 2005; 31 (7+8): 385–387

Impulsivität stellt ein Merkmal vieler psychiatrischer Störungen dar, einschließlich schizophrener Psychosen, mono- und bipolarer affektiver Störungen, Essstörungen, Suchterkrankungen, selbstschädigendem Verhalten, Aufmerksamkeits- und Hyperaktivitätsstörungen, antisozialen und Borderline-Persönlichkeitsstörungen (3, 11). Selbst bei dementiellen Störungen können besonders impulsive Verhaltensstörungen die medizinische und psychosoziale Situation der Betroffenen entscheidend bestimmen (8). Darüber hinaus können Impulshandlungen im Verlauf nahezu aller psychiatrischer Erkrankungen vorkommen. Impulsives Verhalten kann intermittierend im Rahmen einer aktuellen Erkrankung auftreten oder als Komponente der Persönlichkeit andauernd vorhanden sein (3, 11). Impulsives Verhalten wird oft mit aggressivem oder gewalttätigem Verhalten in Beziehung gebracht, kann jedoch auch losgelöst von Gewalttätigkeit auftreten (1). Allerdings besteht bis heute keine einheitliche Auffassung darüber, was der Begriff Impulsivität ausdrückt. Eine detaillierte Übersicht über gegenwärtige Konzepte und psychobiologische Modelle findet sich bei Barratt (1) und Herpertz und Saß (3). Nach Barratt (1) müssen biologische, motorische, kognitive und soziale Dimensionen der Impulsivität unterschieden und berücksichtigt werden.

Impulsivität ist unter anderem durch folgende Aspekte charakterisiert (11):

Impulsivität stellt ein Merkmal vieler psychiatrischer Störungen dar, wobei biologische, soziale, kognitive und motorische Dimensionen zu berücksichtigen sind. Eine zentrale Aufgabe des menschlichen Gehirns ist die Umsetzung emotionaler Reize in adäquates Verhalten. Willkürliches Verhalten besteht aus Handlungen, die sich wiederum aus Bewegungssequenzen zusammensetzen. Örtliche und zeitliche Strukturen dieser Bewegungen werden durch zentralnervöse Bewegungsprogramme bestimmt. Bei gesunden Kontrollen fand sich kein Zusammenhang zwischen Impulsivität und Dauer oder Geschwindigkeit von Reichbewegungen, jedoch ein signifikanter Zusammenhang mit der Verkürzung der relativen Zeit bis zur maximalen Geschwindigkeit der Reichbewegung. Bei einer Gruppe Patienten mit Borderline-Persönlichkeitsstörungen, die durch hohe Impulsivität charakterisiert sind, war diese Zeit signifikant kürzer als bei einer entsprechenden, gesunden Kontrollgruppe. Diese Befunde beruhen auf Veränderungen zentralnervöser Bewegungsprogramme und haben eine praktische Bedeutung für forensische, diagnostische und therapeutische Fragestellungen.

- schnelle Entscheidungen
- Intoleranz gegenüber Verzögerung von Belohnung
- Tendenz, eine Serie von Reaktionen frühzeitig zu beenden (= Mangel an Durchhaltevermögen)
- die Tendenz, einen einmal eingeschlagenen Reaktionsweg beizubehalten (= Mangel an Fähigkeit zum flexiblen kognitiven Shift)
- Handlungen ohne Rücksicht auf die Konsequenzen auszuführen.

Eine zentrale Aufgabe des menschlichen Gehirns besteht darin, emotionale Stimuli in adäquates Verhalten umzusetzen (5, 7). Im Zusammenhang mit diesem Steuerungsprozess wurde wiederholt die Frage diskutiert, inwieweit menschliche Bewegungen bzw. Handlungen bewusst initiiert werden oder ob die Bewusstwerdung der Initiierung der Handlung bzw. Bewegung lediglich ein Epiphänomen darstellt (12). Menschliches Verhalten kann dem Willen unter-

worfen, willkürlich oder unwillkürlich, reflexhaft sein. Willkürliches Verhalten besteht aus zielgerichteten Handlungen. Eine Handlung wiederum ist das Resultat von Bewegungen, die mit einer bestimmten Sequenz und einem definierten Rhythmus ablaufen (4, 10). Bewegungen lassen sich indirekt durch ihren Inhalt und Ausdruck mittels funktionaler Klassifikationskriterien oder direkt als rein physikalische Bewegungsformeln beschreiben. Eine Analyse des Verhaltens kann also anhand von Verhaltenskonsequenzen in Abhängigkeit von bestimmten Stimulusbedingungen oder als die Bewegung eines Körpers in Raum und Zeit erfasst und analysiert werden. Mittels Registrierung definierter Punkte als Weg- und Zeitkurven mit aktiven oder passiven kinematischen Methoden können Bewegungsparameter wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verlangsamung u.a. computergestützt grafisch dargestellt und quantifiziert werden.

Das motorische System und dessen Steuerung

Jede willkürliche Bewegung stellt die Endstrecke eines komplexen neurophysiologischen Prozesses dar, an dem eine Vielzahl zentraler und peripherer Funktionen und Strukturen beteiligt ist. Die Analyse motorischer Muster, also als Bewegung eines Körpers in Raum und Zeit, und deren Störungen lässt daher Rückschlüsse auf zentralnervöse Mechanismen und Funktionen zu.

Mittels Registrierung definierter Punkte als Weg- und Zeitkurven mit aktiven oder passiven kinematischen Methoden können Bewegungsparameter wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verlangsamung computergestützt grafisch dargestellt und quantifiziert werden (Kinematik) sowie Rückschlüsse auf zentralnervöse Strategien der Bewegungssteuerung gezogen werden. Hierdurch können Hypothesen bezüglich der Organisationsprinzipien von Systemen des ZNS überprüft werden (11), da die Bewegung als motorisches Merkmal das Ergebnis eines komplexen funktionellen Systems darstellt, welches gleichzeitig afferente und efferente Informationen verarbeitet (4). Innerhalb dieses Systems übernehmen verschiedene Komponenten unterschiedliche Aufgaben der Planung und Ausführung einer Bewegung (Abb. 1).

Der Bewegungsablauf wird in eine Planungs- und Ausführungsphase untergliedert, wobei letztere in eine Beschleunigungs- und Verzö-

gerungskomponente differenziert werden kann. Die Planungsphase stellt entweder die Reaktionszeit auf einen externen (Fremdantrieb) oder internen (Eigenantrieb) Stimulus dar. Diese Komponenten können mittels kinematischer Parameter wie Initiierungszeit, Amplitude, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Dauer u.s.w. genau charakterisiert werden. Entsprechend den Programmen zur Bewegungssteuerung werden die verschiedenen kinematischen Variablen vom ZNS physiologisch so gewählt, dass ein Ziel möglichst präzise in einem definierten Zeitraum mit möglichst geringem Kraft- und Energieaufwand erreicht werden kann. Diese Parameter unterliegen der Kontrolle zentralnervöser Zentren und stellen somit die peripheren Aspekte der intakten oder gestörten Funktionen kortikaler Bewegungsprogramme dar (6).

Zentralnervös werden Bewegungsmustern bestimmte motorische Hirnareale zugeordnet. So ist z.B. der primäre motorische Kortex die Ausgangsstation für die Durchführung eines Bewegungsprogramms. Der supplementär-motorische Kortex dient der Initiierung und Programmierung sequentieller Bewegungskomponenten (2), der prämotorische Kortex der Orientierung des Körpers zum Ziel (4). Die an der Organisation von Bewegungsmustern beteiligten Kortexareale stehen durch neuronale Vernetzung in engem funktionalen Zusammenhang mit Affektregulation und Kognition, wodurch sich die Be-

ziehung zwischen Befindlichkeit und motorischen Funktionen erklären lässt (10, 11).

Beispielsweise ist die Reichbewegung eine funktionell wichtige und häufig ausgeführte Bewegung bei den Aktivitäten des täglichen Lebens, die auf Ziele in der unmittelbaren Umgebung gerichtet ist. Die neuronale und behaviorale Organisation dieser Transportbewegung der Hand wurde bei Erwachsenen, bei Kindern und tierversimentell untersucht (6, 11). Die örtliche Positionierung des Armes scheint vornehmlich in Arealen des prämotorischen Kortex kodiert zu sein, die in enger Verbindung zu bestimmten Regionen des posterioren Parietallappens stehen. Bewegungen, die mehrere Gelenke einbeziehen, können in sehr viel verschiedenen Variationen ausgeführt werden, um das gleiche Ziel zu erreichen. Dennoch zeigen ungehinderte, frei ausgeführte Bewegungen erwachsener Versuchspersonen stereotypische kinematische Muster. Dies lässt auf allgemein gültige, zugrunde liegende zentralnervöse Bewegungsprogramme schließen. Diese Transportbewegung der Hand als die Hauptkomponente der Reichbewegung ist durch ein Geschwindigkeitsprofil charakterisiert, das die Form ähnlich einer eingipfligen Normalverteilungskurve (Glockenkurve) mit einer Beschleunigungs- und Verzögerungsphase hat (Abb. 2).

Die Geschwindigkeit der Bewegung erhöht sich mit der Entfernung des Ziels, um eine konstante Bewegungsdauer zu erhalten (6). Verschiedene neurologische Störungen wie Lähmungen oder Akinese verändern die Initiierung und das Muster der Transportbewegung der Hand. Es wurde die Hypothese formuliert, dass dieses Bewegungsmuster auch durch Persönlichkeitsfaktoren und Depressionen modifiziert werden kann (10, 11).

Impulsivität und Bewegung

In einer gesunden Kontrollgruppe (n = 55) wurde der Zusammenhang zwischen Impulsivität, Depressivität und Angst untersucht (9). Hinsichtlich der psychopathologischen Variablen fanden sich signifikante Korrelationen zwischen Angst und Impul-

Abb. 1 Bewegungsentwurf, Bewegungsausführung und beteiligte neuronale Strukturen (mod. nach 4)

Phase	Funktion	Neuronale Strukturen
Entschluss	Antrieb	kortikale und subkortikale Motivationsareale (oimbisches System, präfrontaler Kortex)
↓		
Programm	Bewegungsprogramm	motorische Kortexareale (sekundär, primär) Basalganglien, Kleinhirn
↓		
Durchführung	Selektion von Neuronensystemen Bewegung	motorischer Kortex (primär) motorische Einheiten

sivität. In einem definierten Untersuchungsparadigma wurde bei den Probanden das Geschwindigkeitsprofil der Transportkomponente der Reichbewegung untersucht. Als wichtiger kinematischer Parameter gilt bei dieser Bewegung neben der Länge der Bewegungskurve und der Bewegungsdauer die Form der Glockenkurve, deren Scheitelpunkt die maximale Geschwindigkeit darstellt. Dabei bestimmt die absolute und relative Zeit von Bewegungsbeginn bis zum Punkt der maximalen Geschwindigkeit die Form dieser Kurve. Bei Probanden mit stärkerer Impulsivität fand sich ein signifikanter, inverser Zusammenhang zwischen dieser Zeitspanne und dem Ausmaß der Impulsivität (9), so dass die Arbeitshypothese formuliert wurde, die relative Zeit bis zur maximalen Geschwindigkeit dieser Bewegung stehe in Zusammenhang mit Impulsivität. Diese Hypothese wurde an einer Gruppe von Patientinnen mit Borderline-Persönlichkeitsstörungen überprüft und bestätigt. Im Vergleich zu den gesunden Kontrollen zeigten diese Patientinnen signifikant höhere Werte auf der Barratt-Impulsivenssskala und eine signifikant kürzere relative Zeit bis zum Erreichen der maximalen Geschwindigkeit der Bewegung. Somit wurde die Arbeitshypothese bestätigt, dass die beschriebenen Veränderungen des Geschwindigkeitsprofils der Reichbewegung in Zusammenhang mit der Impulskontrollstörung stehen, was durch eine Veränderung des zentralnervösen Bewegungsprogramms bei diesen Patienten erklärt werden könnte. Implikationen für Diagnostik und Therapie sollten weiter untersucht werden.

Zusammenfassend muss davon ausgegangen werden, dass es möglich ist, Veränderungen des Verhaltens anhand von Bewegungsanalysen objektiv abzubilden und zu quantifizieren. Die Veränderungen der Bewegungsabläufe können durch Störungen zugrunde liegender, zentralnervöser Bewegungsprogramme bedingt sein und möglicherweise einen messbaren Parameter für Störungen der Impulskontrolle im Rahmen von Diagnostik und Therapieverlauf darstellen.

Impulsivity and motoric function

Impulsivity represents a central component of many psychiatric disorders and should be studied in regards to biological, social, cognitive, and motor dimensions. One of the most relevant functions of the human brain is the processing of emotional stimuli into adequate actions. Voluntary behavior consists of goal oriented actions which are defined by a sequence of movements. Temporal and spatial structures of these movements are the result of cortical and subcortical movement programming. A significant correlation was found between the extend of impulsivity and the relative time to maximum velocity of reaching movements in healthy control subjects. In patients with Borderline-Personality Disorders, who are characterized by high impulsivity, the relative time to maximum velocity was significantly shorter compared to matched healthy control subjects. These findings may be relevant for forensic, diagnostic and therapeutic aspects when treating patients with psychiatric disorders.

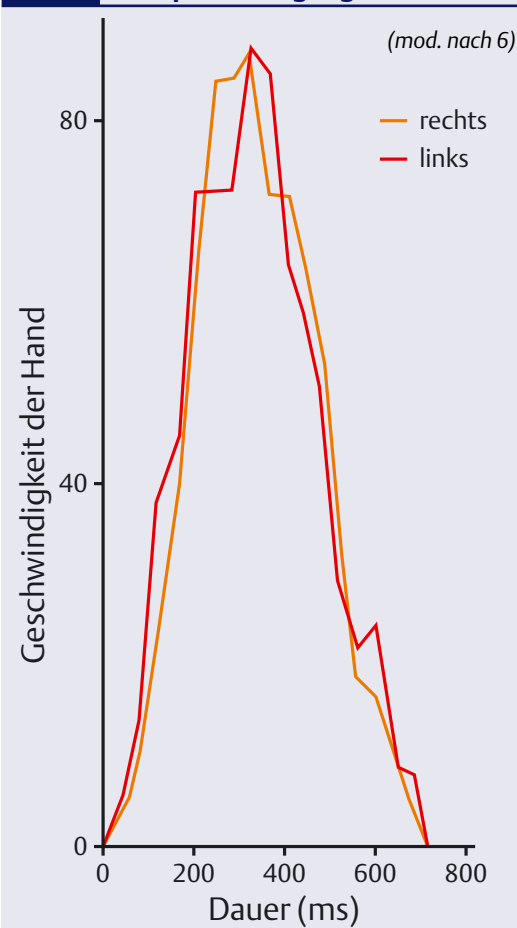
Key Words

impulsivity – velocity – motion

Literatur

1. Barratt ES. Impulsivity: Integrating cognitive, behavioral, biological, and environmental data. In McCowan W, Shure M (Eds.) *The impulsive client: theory*. Washington, DC, Research and Treatment American Psychological Association, 1993
2. Freund H-J. Premotor area and preparation of movement. *Rev Neurol (Paris)* 1990; 146: 543–547
3. Herpertz S, Saß H. Impulsivität und Impulskontrolle. Zur psychologischen und psychopathologischen Konzeptualisierung. *Nervenarzt* 1997; 68: 171–183
4. Illert M. Motorisches System. In: Deetjen P, Speckmann E-J (Hrsg.) *Physiologie*. München, Urban & Schwarzenberg, 1994, 171–218
5. Ingvar DH. The will of the brain: cerebral correlates of willful acts. *J Theor Biol* 1994; 171: 7–12
6. Jeannerod M. Reichen und Greifen: Die parallele Spezifikation visumotorischer Kanäle. In: Heuer H, Keele SW (Hrsg.) *Psychomotorik*. Göttingen, Hofgrefe Verlag, 1994, 509–574
7. LeDoux J. *The emotional brain. The mysterious underpinnings of emotional life*. New York, Simon and Schuster, 1966
8. Lemke MR. Effect of carbamazepine on agitation in Alzheimer's inpatients refrac-

Abb. 2 Geschwindigkeitsprofil der Transportbewegung der Hand



- tory to neuroleptics. *J Clin Psychiatry* 1995; 56: 354–357
9. Lemke MR, Fischer CJ, Wendorff T, Fritzer G, Rupp Z, Tetzlaff S. Modulation of involuntary and voluntary behavior following emotional stimuli in healthy subjects. *Progr Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2005; 29: 69–76
 10. Lemke MR, Schleidt M. Temporal segmentation of human short-term behavior in everyday activities and interview sessions. *Naturwissenschaften* 1999; 6: 289–292
 11. Lemke MR, Wendorff T. Störung der Verhaltenskontrolle bei psychiatrischen Erkrankungen: Neurophysiologische Aspekte impulsiver Handlungen. *Nervenarzt* 2001; 72: 342–346
 12. Libet B. Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action. *Behav Brain Sci* 1985; 8: 529–566

Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. med. Matthias R. Lemke
 Ärztlicher Direktor
 Rheinische Kliniken Bonn
 Kaiser-Karl-Ring 20
 53111 Bonn
 mr.lemke@lvr.de
 www.rk-bonn.lvr.de