Originalarbeit

Normierung der Testbatterie COGBAT bei Jugendlichen im Alter von 12 bis 15 Jahren

Ines M. Mürner-Lavanchy[1], Peter Parzer[2], Julia Brüstle[2], Julian Koenig[1,2,3], Michael Kaess[1,2] und Franz Resch[2]

[1] Universitätsklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie, Universität Bern, Schweiz
[2] Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Universitätsklinikum Heidelberg, Deutschland
[3] Klinik und Poliklinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters, Universität zu Köln, Deutschland

Zusammenfassung: Das Jugendalter stellt eine wichtige Phase in der Entwicklung der Verarbeitungsgeschwindigkeit, der Aufmerksamkeit, des Gedächtnisses und der exekutiven Funktionen dar. Im Rahmen einer Normierungsstudie der *kognitiven Basistestung* (COGBAT) für das Jugendalter wurden Testwerte bei n = 269 Jugendlichen im Alter von 12 bis 15 Jahren erhoben und mit den Normen der Altersgruppe der 16- bis 30-Jährigen verglichen. Zusätzlich wurde überprüft, inwiefern sich diese Testergebnisse in der subjektiven Einschätzung zur Leistungsfähigkeit (FLei) und Psychopathologie (SDQ) abbilden lassen. Im Jugendalter zeigte sich ein starker Zuwachs in der kognitiven Flexibilität, der Verarbeitungs- und Reaktionsgeschwindigkeit sowie der Inhibitions- und Planungsfähigkeit. Ein bedeutsamer Geschlechtsunterschied fand sich in der Inhibition, mit stärkeren Leistungen bei Mädchen als bei Jungen. Zwischen den Testergebnissen und den subjektiven Einschätzungen zeigten sich keine Zusammenhänge.

Schlüsselwörter: Neuropsychologische Diagnostik, Testbatterie, COGBAT, Gehirnentwicklung, Adoleszenz

Standardization of the COGBAT Test Battery in Adolescents Aged 12 to 15 Years

Abstract: Adolescence represents an important phase in the development of cognitive functions. In this standardization study of the neuropsychological test battery Cognitive Basis Assessment (COGBAT), we compared the scores of N = 269 healthy adolescents between 12 and 15 years with existing standardized scores of individuals between 16 and 30 years. We then examined the associations between COGBAT scores and the Subjective Performance Assessment Questionnaire (FLei) and the Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ). Adolescents demonstrated a strong improvement in reaction and processing speed as well as inhibition and planning abilities. There was weak evidence of gender differences for the cognitive domains studied, with females showing slightly better inhibition than males. We found no specific associations between COGBAT and FLei, or COGBAT and SDQ.

Keywords: neuropsychological diagnostics, test battery, COGBAT, brain development, adolescence

Einleitung

Das Interesse der Neurowissenschaft an der Gehirnentwicklung von Kindern und Jugendlichen nimmt seit einigen Jahren stetig zu. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei der Kindesentwicklung, da in dieser Zeitspanne die neurokognitive Reifung besonders schnell abläuft und sich die Leistung mit der Zunahme an Lebensjahren verändert. Bisher wenig adressiert, aber deutlicher in den Fokus gerückt ist die neuropsychologische Entwicklung innerhalb der frühen und mittleren Adoleszenz. Gerade die Zeitspanne der späten Kindheit und frühen bis mittleren Adoleszenz ist mit Veränderungen im Gehirn, im Verhalten und den kognitiven Systemen assoziiert (Best & Miller, 2010; Casey, Jones & Hare, 2008; Paus, 2005). Diese laufen entlang verschiedener Zeitpläne und unter Kontrolle zusammengehöriger und unabhängiger biologischer Prozesse ab (Steinberg, 2005). Von großem Interesse ist insbesondere die ausgeprägte Entwicklung des präfrontalen Kortex während des Jugendalters, welche mit der Reifung der exekutiven Funktionen in Zusammenhang gebracht wird (Anderson, Anderson, Northam, Jacobs & Catroppa, 2001; Crone, 2009; Huizinga, Dolan & van der Molen, 2006; Schilling et al., 2013). Die Frontalhirnregion steht außerdem mit weiteren Regionen des Gehirns in Verbindung, welche sich im Jugendalter in der Entwicklung befinden (Khundrakpam et al., 2013; Luna et al., 2001; Newman & Grace, 1999; O'Halloran et al., 2018), und auch die

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97
source: https://doi.org/10.48350/170535 | downloaded: 28.4.2024

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

fortschreitende Myelinisierung ermöglicht schnellere neuronale Verbindungen, (Best & Miller, 2010), die wiederum zu einer schnelleren Verarbeitungs- und Reaktionsgeschwindigkeit führen (Kail & Ferrer, 2007; Luna, Garver, Urban, Lazar & Sweeney, 2004). Letztlich bestehen auch Hinweise auf Zusammenhänge zwischen genetischen Variationen und Aktivierungen in frontalen Netzwerken, beispielsweise im Bereich der Impulskontrolle (Whelan et al., 2012; White et al., 2014).

Es kann davon ausgegangen werden, dass neben den exekutiven Funktionen auch andere Bereiche wie Verarbeitungsgeschwindigkeit, Aufmerksamkeit und Gedächtnis von den Reifungsprozessen des adoleszenten Gehirns profitieren. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit in motorischen, perzeptuellen und kognitiven Aufgaben entwickelt sich stetig bis ins junge Erwachsenenalter. So antworten 8- bis 10-Jährige im Mittel mit einer Geschwindigkeit, die fünf bis sechs Standardabweichungen unter der mittleren Verarbeitungsgeschwindigkeit von jungen Erwachsenen liegt; bei 12- bis 13-Jährigen sind es immerhin noch mehr als eine Standardabweichung (Kail, 2000). Bei der Aufmerksamkeitsleistung wird davon ausgegangen, dass sich diese zwischen dem 5. und 10. Lebensjahr rapide verbessert und danach ein Plateau mit nur leichten Verbesserungen bis ins Erwachsenenalter erreicht (Betts, McKay, Maruff & Anderson, 2006; Greenberg & Waldman, 1993; Kail, 1991; Waber et al., 2007). Einhergehend mit der Entwicklung der Verarbeitungs- und Aufmerksamkeitsleistungen steigt die Kapazität des Kurz- und Langzeitgedächtnisses während der Kindheit bis ins Alter von 8 oder 9 Jahren drastisch an und nimmt dann bis ins Alter der frühen Adoleszenz graduell zu, um danach ein asymptotisches Level zu erreichen (Korkman, Kemp & Kirk, 2001; Korkman, Lahti-Nuuttila, Laasonen, Kemp & Holdnack, 2013). Die exekutiven Funktionen erreichen das Erwachsenenniveau grundsätzlich in der späten Adoleszenz bis ins junge Erwachsenenalter, der genaue Verlauf unterscheidet sich je nach Unterfunktion (Paus, 2005). Sowohl die Inhibition als auch die kognitive Flexibilität erreichen das Erwachsenenniveau zwischen dem 15. und 21. Lebensjahr (Huizinga et al., 2006). Die Planungsfähigkeit erreicht je nach Komplexität ihr Leistungshoch um das 15. bis 20. Lebensjahr (Asato, Sweeney & Luna, 2006; de Luca et al., 2003; Huizinga et al., 2006). Auch wenn das Arbeitsgedächtnis sich in der frühen Kindheit zu entwickeln beginnt, liegt der Schwerpunkt der Entwicklung in der Adoleszenz (Anderson, 2002; Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004) und erreicht seinen Höhepunkt um das 30. Lebensjahr (Alloway, Gathercole & Pickering, 2006). Ob das Geschlecht in der Adoleszenz einen Einfluss auf die kognitiven Funktionen hat, wurde bisher wenig untersucht. Beim Arbeitsgedächtnis schnitten männliche Jugendliche besser ab als weibliche (Krikorian & Bartok, 1998). Hinsichtlich der Inhibition zeigen weibliche Jugendliche weniger Omissions- sowie Kommissionsfehler und auch in der Verarbeitungsgeschwindigkeit liegen sie deutlich vor den männlichen Jugendlichen (Anderson, 2002; Waber et al., 2007).

Die diagnostische Gegenüberstellung der verschiedenen kognitiven Bereiche wird erschwert durch heterogene Altersgruppen (Willhelm, Fortes, Czermainski, Rates & de Almeida, 2016), unterschiedliche Testverfahren und untersuchte Gehirnregionen (Korkman et al., 2001). Aktuell fehlt ein umfassendes diagnostisches Bild der kognitiven Funktionen adoleszenter Jugendlicher mit einheitlichen Testverfahren, um die Entwicklungsprozesse besser nachvollziehen und darstellen zu können. Eine Testbatterie stellt ein umfassendes, reliables und valides Testinstrument dar (Rosenqvist et al., 2017), welches solche Vergleiche zulässt. Die Testbatterie COGBAT der Firma Schuhfried GmbH umfasst ein breites Anwendungsspektrum und erfasst mithilfe etablierter, valider Testverfahren eine Vielfalt kognitiver Funktionen (Verarbeitungsgeschwindigkeit, Aufmerksamkeit, Gedächtnis und exekutive Funktionen), welche vollständig computerisiert erhoben werden (Aschenbrenner, Kaiser, Pfüller, Roesch-Ely & Weisbrod, 2012). Darüber hinaus stellt die COGBAT neben der Leistungsmessung anhand standardisierter Tests mit dem Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der geistigen Leistungsfähigkeit (FLei; Beblo et al., 2010) ein Instrument zur Verfügung, das anhand von subjektiv erlebten Alltagsschwierigkeiten die subjektive Einschätzung von kognitiven Defiziten erfasst. Bislang lagen für die COGBAT nur Normwerte ab dem 16. Lebensjahr vor. Die vorliegende Normierungsstudie der Kinder- und Jugendpsychiatrie Heidelberg stellt COGBAT-Normen für den Altersbereich der 12- bis 15-Jährigen zur Verfügung. In der vorliegenden Studie werden diese mit den Testwerten der angrenzenden normierten Adoleszenten und jungen Erwachsenengruppe (16- bis 30-Jährigen) verglichen. Dies erlaubt die Darstellung von Entwicklungsverläufen und es können diejenigen Bereiche identifiziert werden, in denen Veränderungen am stärksten ausgeprägt sind. Zusätzlich wird untersucht, ob sich die Testwerte in subjektiv eingeschätzten kognitiven Defiziten und Psychopathologie (Strength and Difficulties Questionnaire [SDQ]) niederschlagen.

Methoden

Untersuchungsablauf

Die Rekrutierung von Jugendlichen zwischen 12 und 15 Jahren erfolgte nach Zustimmung der zuständigen Rektoren an Schulen im Rhein-Neckar-Kreis über Flyer. Bei der Kontaktaufnahme mit den Jugendlichen wurden neben dem

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

Alter auch weitere Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien abgefragt. Dazu gehörten eine körperliche und geistige Gesundheit, die die Durchführung am Computer ermöglicht, und das schriftliche Einverständnis der Eltern und der Jugendlichen. Die Durchführung erfolgte als Gruppentestung in den Forschungsräumlichkeiten der Kinder- und Jugendpsychiatrie Heidelberg. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Heidelberg genehmigt (S-201/2016) und wurde entsprechend der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

Untersuchungsinstrumente

Alle Untersuchungsinstrumente wurden nach einer festgelegten Abfolge am Computer eingesetzt: Testbatterie COGBAT, soziodemografischer Fragebogen und SDQ (Goodman, 2006). Die Gesamtdurchführung dauerte ca. 70 bis 80 Minuten. Zur Bedienung der Testbatterie COGBAT (inklusive des Fragebogens FLei) standen eine Maus und eine Probandentastatur zur Verfügung, zur Bedienung der soziodemografischen Fragen und des SDQ eine Maus und eine PC-Tastatur.

Die Testbatterie COGBAT besteht aus zehn Untertests, wovon acht Untertests zur Abklärung der vier neuropsychologischen Dimensionen Verarbeitungsgeschwindigkeit, Aufmerksamkeit, Gedächtnis und exekutive Funktionen und zwei Untertests zur Kontrolle der motorischen und visuellen Fähigkeiten dienen. Über den Fragebogen FLei wird die subjektive Einschätzung der geistigen Leistungsfähigkeit gemessen. In der Testbatterie ist die Abfolge der Tests vorgegeben und wird aufgrund der normierten Abfolge empfohlen. Jede Aufgabe besteht aus einer Instruktion und einem Übungsdurchgang. Wenn dieser mit weniger als drei Fehlern bestanden wurde, folgt der Test, andernfalls wird der Übungsdurchgang nochmal wiederholt.

Verarbeitungsgeschwindigkeit: Die Verarbeitungsgeschwindigkeit wird anhand des Trail Making Test – Langensteinbacher Version (TMT-L) Teil A (Rodewald, Weisbrod & Aschenbrenner, 2012) erhoben. Pseudorandomisierte Zahlen (1 bis 25) sollen auf dem Bildschirm so schnell wie möglich in aufsteigender Reihenfolge nacheinander angeklickt werden. Die Hauptvariable ist die Bearbeitungszeit in Sekunden.

Aufmerksamkeit: Bei der einfachen Aufmerksamkeit wird beim Test Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsfunktionen – Alertness (WAF-A; Sturm, 2006) auf einen einfachen visuellen Stimulus (Kreis in der Bildschirmmitte) so schnell wie möglich reagiert. Die Hauptvariable ist die mittlere Reaktionszeit. Bei der geteilten Aufmerksamkeit (Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsfunktionen – Geteilte Aufmerksamkeit [WAF-G; Sturm, 2006]) werden simultan visuelle (geometrische Figur) und auditive (Ton) Stimuli präsentiert, die heller (visuell) oder leiser (auditiv) werden können. Wenn sich die Stimuli zweimal hintereinander in derselben Art und Weise ändern, soll reagiert werden. Die Hauptvariable ist die mittlere Reaktionszeit und die Anzahl der verpassten Reaktionen.

Gedächtnis: Beim Figuralen Gedächtnistest (FGT; Vetter, Aschenbrenner & Weisbrod, 2012) sollen Figuren erinnert und reproduziert werden. Die Hauptvariable ist die Summe aller korrekt reproduzierten Figuren (Lernsumme). Nach 5 Minuten sollen die Figuren ohne erneute Präsentation wieder erinnert und frei wiedergegeben werden. Die Hauptvariable ist die Anzahl der korrekt erinnerten Figuren (verzögerte freie Wiedergabe I). Nach 30 Minuten folgt die freie Figurenreproduktion (Hauptvariable: langfristige freie Wiedergabe II). Danach folgt eine Phase des Wiedererkennens, in der über eine Forced-Choice-Aufgabe die Figuren wiedererkannt werden sollen (Hauptvariable: Anzahl der falsch-positiven Antworten). Das verbale Arbeitsgedächtnis wird mithilfe des N-Back Verbal-Tests (NBV; Schellig & Schuri, 2009) erhoben. Die Hauptvariable ist dabei die Anzahl der richtigen Antworten.

Exekutive Funktionen: Die kognitive Flexibilität wird über den TMT-L Teil B (Rodewald et al., 2012) erfasst. Hier wird die Testperson dazu aufgefordert, alternierend Kreise mit den Zahlen von 1 bis 13 und den Buchstaben von A bis L in aufsteigender Reihenfolge zu verbinden. Die Hauptvariable ist die Bearbeitungszeit des Testteils B. Die Response Inhibition wird über das Go/Nogo-Paradigma INHIB (Kaiser, Aschenbrenner, Pfüller, Roesch-Ely & Weisbrod, 2010) gemessen. Auf einen dargebotenen Stimulus (Dreieck) soll reagiert werden und bei einem anderen Stimulus (Kreis) keine Reaktion/Inhibition stattfinden. Die Hauptvariable ist die Anzahl der Kommissionsfehler (Inhibitionsfehler). Die Planungsfähigkeit erfolgt mit dem Tower of London – Freiburger Version (TOL-F; Kaller, Unterrainer, Kaiser, Weisbrod & Aschenbrenner, 2011). Der Schwierigkeitsgrad ist aufsteigend (drei- bis sechszügige Aufgaben) und endet, wenn die maximale Bearbeitungszeit (60 Sekunden) bei drei Aufgaben hintereinander überschritten wurde. Die Hauptvariable ist die Anzahl der in den vorgegebenen Zügen gelösten Aufgaben und nennt sich Planungsfähigkeit.

Kontrollvariablen: Mit dem Test der Mausbedienung (Debelak & Mandler, 2011) wird der sichere Umgang mit der Maus getestet. Die Aufgabe der Testperson besteht darin, 25 Quadrate abnehmender Größe so schnell wie möglich nacheinander am Bildschirm anzuklicken. Die Hauptvariable ist die Mausführung, zusammengesetzt aus Schnelligkeit und Genauigkeit beim Ausführen der Maus-

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article
under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

bewegungen. Die Erfassung eines Neglects erfolgt über den Test Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsfunktionen – Räumliche Aufmerksamkeit (WAF-R; Sturm, 2006). Stimuli werden an verschiedenen Positionen im rechten oder linken visuellen Feld dargeboten, auf die die Testperson reagieren muss. Die Hauptvariablen sind die Anzahl der Verpasser unilateral links, rechts sowie die mittlere Reaktionszeit unilateral links, rechts.

Fragebögen: Der FLei (Beblo et al., 2010) umschreibt das subjektive Erleben neuropsychologischer Defizite. Die Aussagen lassen sich zu den vier neuropsychologischen Dimensionen Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Exekutivfunktionen und Neglect zuordnen. Die Hauptvariable ist die geistige Leistungsfähigkeit. Ein hoher Rohwert weist hierbei jeweils auf subjektiv erlebte Defizite durch die Patientin oder den Patienten hin. Der soziodemografische Fragebogen erfasst Geschlecht, Alter, Schulbildung, Vorerkrankungen (psychischer, körperlicher, neurologischer Art) und aktuelle Medikation. Der SDQ (Goodmann, 2006) erhebt psychische Probleme sowie prosoziales Verhalten der Jugendlichen anhand von fünf Subskalen: Emotionale Probleme, Verhaltensauffälligkeiten, Hyperaktivität/Aufmerksamkeitsprobleme, Probleme mit Gleichaltrigen und Prosoziales Verhalten. In dieser Studie wurde das SDQ-Selbstrating verwendet.

Datenanalyse

Für die statistische Analyse wurde das Programm Stata 15 (StataCorp. College Station, TX, U.S.A.) verwendet. Die Auswertung erfolgte anhand der Rohwerte der COGBAT-Testkennwerte. Die Auswahl der untersuchten Variablen orientierte sich an dem vom Hersteller der Testbatterie vorgegeben Standard-Ergebnisprotokoll in der COGBAT. Für den Vergleich der Jugendlichen mit den jungen Erwachsenen stellte uns der Hersteller der Testbatterie die Rohwerte der Standardnormen für Adoleszente und junge Erwachsene (d.h. der 16- bis 30-Jährigen) zur Verfügung. Die Charakterisierung der Stichprobe und die Vergleichsrechnungen erfolgten anhand deskriptiver Statistik, Mittelwertvergleichen und Regressionsmodellen. Zusammenhänge zwischen den Hauptvariablen der COGBAT und der subjektiv eingeschätzten geistigen Leistungsfähigkeit des FLei und des SDQ wurden über Rangkorrelationen berechnet. Die Effektstärken für Gruppenvergleiche wurden mit Cohens d ($d = 0.2$ kleiner, $d = 0.5$ mittlerer und $d > 0.8$ großer Effekt) und die der Regressionsmodelle mit η^2 ($\eta^2 = 0.01$ kleiner, $\eta^2 = 0.06$ mittlerer und $\eta^2 > .14$ großer Effekt) angegeben.

Ergebnisse

Stichprobe

Insgesamt nahmen an der Studie $n = 269$ Jugendliche ($n = 136$ Mädchen, $n = 133$ Jungen) im Alter zwischen 11 und 15 Jahren teil, wobei sieben Jugendliche kurz vor ihrem 12. Lebensjahr standen und zu der Altersgruppe der 12-Jährigen hinzugefügt wurden ($n = 88$ 12-Jährige, $n = 67$ 13-Jährige, $n = 58$ 14-Jährige, $n = 56$ 15-Jährige). Das Durchschnittsalter lag bei $M = 13.75$, $SD = 1.2$ und war für Mädchen und Jungen nahezu ausgeglichen (Mädchen: $M = 13.71$, $SD = 1.16$; Jungen: $M = 13.79$, $SD = 1.25$). Der Bildungsstand der Jugendlichen verteilte sich auf vier Gruppen: $n = 10$ Haupt- und Werkrealschüler_innen (4 %), $n = 22$ Gesamtschüler_innen (8 %), $n = 61$ Realschüler_innen (23 %) und $n = 176$ Gymnasiast_innen (65 %). Von den 269 Jugendlichen nahmen 22 Jugendliche nicht an den Fragebögen (FLei, SDQ) teil. Fälle mit motorischen oder visuellen Einschränkungen (erfasst über die Kontrollskalen Maus und WAF-R) lagen nicht vor.

Für die Erstellung der Normen schloss der Hersteller der Testbatterie fünf Jugendliche wegen der Einnahme von Medikamenten für Aufmerksamkeitsprobleme vollständig von der Studie aus und wegen Ausreißerwerten wurden in den einzelnen Untertests Jugendliche aus dem Datensatz entfernt: WAF-A ($n = 3$), WAF-R ($n = 1$), WAF-G ($n = 4$), TMT-L Teil B ($n = 2$), INHIB ($n = 1$), FGT ($n = 9$).

Vergleich Jugendliche mit Adoleszenten und jungen Erwachsenen

Die Ergebnisse der COGBAT-Testwerte der Jugendlichen (12- bis 15-Jährige) wurden mit den Normen der nächstgelegenen Altersgruppe (16- bis 30-Jährige) verglichen. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der einzelnen Untertests für Verarbeitungsgeschwindigkeit, Aufmerksamkeit, Gedächtnis und exekutive Funktionen getrennt nach Altersgruppe. Zusätzlich werden die Ergebnisse des Neglects als Kontrollskala und das Antwortverhalten beim FLei als Teil der COGBAT dargestellt.

Ein großer Alterseffekt zeigte sich in der Dimension Verarbeitungsgeschwindigkeit beim TMT-L Teil A mit einer langsameren Bearbeitungszeit bei den Jugendlichen im Vergleich zur jungen erwachsenen Normstichprobe ($d = 0.87$). Bei der Dimension Aufmerksamkeit zeigte sich ein mittlerer Effekt im Bereich der Alertness (Anzahl Fehler, mit mehr Fehlern bei Jugendlichen als bei jungen Erwachsenen [$d = 0.71$]). In der geteilten Aufmerksamkeit zeigten Jugendliche eine höhere Anzahl Verpasser ($d = 0.55$) und eine deutlich höhere Anzahl Fehler ($d = 1.06$).

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

Bei der Gedächtnisleistung lagen in Bezug auf das Lernen und den verzögerten Abruf (FGT) kaum bedeutsame Altersunterschiede vor. So unterschieden sich die Altersgruppen in der Lernsumme, der verzögerten Wiedergabe und dem Wiedererkennen mit kleinen Effekten. Im verbalen Arbeitsgedächtnis (NBV) zeigte sich eine erhöhte Fehleranzahl bei den Jugendlichen im Vergleich zu den jungen Erwachsenen (d = 0.71).

In den exekutiven Funktionen zeigte sich ein starker Alterseffekt in Bezug auf die Inhibition (Kommissionsfehler INHIB). Die Fähigkeit, irrelevante Reize zu unterdrücken, fiel den Jugendlichen deutlich schwerer als den jungen Erwachsenen (d = 1.45). Auch bei der Planungsfähigkeit schnitten die Jugendlichen schlechter ab als die jungen Erwachsenen (d = -.76). Bei der kognitiven Flexibilität gab es Altersunterschiede im kleinen Effektbereich (d = 0.47),

Tabelle 1. Vergleich der COGBAT-Testkennwerte der Jugendlichen (12- bis 15-Jährige) mit den Testkennwerten der Adoleszenten und jungen Erwachsenen (16- bis 30-Jährigen)

	Jugendliche			Erwachsene			Effektstärke
	N	*M*	*SD*	*N*	*M*	*SD*	*d*
Verarbeitungsgeschwindigkeit							
TMT-L Teil A Bearbeitungszeit (Sekunden)	269	17.26	3.22	142	14.72	2.29	0.87
Aufmerksamkeit							
WAF-A Mittlere Reaktionszeit (Millisekunden)	266	232.37	38.75	127	219.02	29.31	0.37
WAF-A Anzahl Fehler	266	2.17	2.21	127	0.82	1.05	0.71
WAF-G Mittlere Reaktionszeit beide Kanäle (Millisekunden)	264	548.50	154.45	127	492.55	138.19	0.37
WAF-G Verpasser auditiv/visueller Kanal	264	5.89	4.42	127	3.57	3.81	0.55
WAF-G Anzahl Fehler	264	8.72	8.32	127	1.24	0.25	1.06
Gedächtnis							
FGT Lernsumme	260	31.69	8.12	127	34.61	6.52	−0.38
FGT Verzögerte freie Wiedergabe I	260	7.62	1.71	127	8.05	1.39	−0.27
FGT Verzögerte freie Wiedergabe II	260	7.62	1.64	127	7.84	1.56	−0.14
FGT Wiedererkennen Treffer	260	8.56	0.79	127	8.55	0.85	0.01
FGT Wiedererkennen – falsch-positive Antworten	260	.93	1.33	126	0.6	1.03	0.27
NBV Anzahl Richtiger	269	11.49	3.12	127	12.80	2.86	−0.43
NBV Fehler	269	13.43	17.85	127	2.93	3.17	0.71
Exekutive Funktionen							
TMT-L Teil B Bearbeitungszeit (Sekunden)	267	26.09	7.18	142	22.92	5.97	0.47
INHIB Kommissionsfehler	269	10.57	3.86	127	5.18	3.36	1.45
TOL Planungsfähigkeit	269	13.41	3.27	127	15.81	2.94	−0.76
Neglect							
WAF-R Reaktionszeit links (Millisekunden)	246	397.36	91.35	58	359.48	62.40	0.44
WAF-R Reaktionszeit rechts (Millisekunden)	246	424.82	96.56	58	380.95	75.44	0.47
WAF-R Verpasser links	246	0.04	0.3	58	0.01	0.01	0.11
WAF-R Verpasser rechts	246	0.03	0.2	58	0.01	0.01	0.11
Fragebogen							
FLei Subjektive geistige Leistungsfähigkeit	247	30.43	14.33	82	34.22	16.48	−0.25

Anmerkungen. *N* = Anzahl der Personen; *M* = Mittelwert des Testkennwertes; *SD* = Streuung des Testkennwertes; *d* = Effektstärke nach Cohens *d*.

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article
under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

ebenso in der Überprüfung des Neglects (Reaktionsgeschwindigkeit WAF-R).

Die Einschätzung der subjektiven geistigen Leistungsfähigkeit im Sinne kognitiver Defizite fiel bei den Jugendlichen etwas höher aus als bei der jungen erwachsenen Normstichprobe (tiefere Werte bedeuten weniger wahrgenommene Defizite; $d = -0.25$).

Einfluss von Alter und Geschlecht auf die Hauptvariablen

Die Regressionsberechnungen für die 12- bis 15-jährigen Jugendlichen zeigten, dass das Regressionsmodell für die Hauptvariablen in Abhängigkeit von Alter (kontinuierlich) und Geschlecht ohne Interaktion die genaueste Vorhersage lieferte. In Tabelle 2 sind die standardisierten Regressionskoeffizienten mit der dazugehörigen Effektstärke abgebildet.

In der untersuchten Gruppe der 12- bis 15-Jährigen zeigte sich mit ansteigendem Alter eine zunehmende Verarbeitungsgeschwindigkeit ($\eta^2 = .14$). Des Weiteren wurde ein Zusammenhang des Alters mit der Reaktionsgeschwindigkeit in der Alertness gefunden (WAF-A: $\eta^2 = .08$). In der geteilten Aufmerksamkeit zeigte sich ein kleiner Alterseffekt der Reaktionszeit (WAF-G: $\eta^2 = .05$), jedoch keine Effekte in Bezug auf die Fehlerwerte. Es ergaben sich keine bedeutsamen Geschlechtereffekte im Bereich der Verarbeitungsgeschwindigkeit und Aufmerksamkeit.

Tabelle 2. Übersicht der standardisierten Regressionskoeffizienten und Effektstärken für die Untertests der vier Dimensionen getrennt nach Alter und Geschlecht

	β Alter	β Geschlecht	Alter η^2	Geschlecht η^2
Verarbeitungsgeschwindigkeit				
TMT-L Teil A Bearbeitungszeit (Sekunden)	−.38***	.09	.14	.01
Aufmerksamkeit				
WAF-A Mittlere Reaktionszeit (Millisekunden)	−.28***	−.01	.08	<.01
WAF-A Anzahl Fehler	−.04	−.12*	<.01	.02
WAF-G Mittlere Reaktionszeit beide Kanäle (Millisekunden)	−.23***	−.03	.05	<.01
WAF-G Verpasser auditiv/visueller Kanal	−.08	−.05	<.01	<.01
WAF-G Anzahl Fehler	−.11	−.16*	.01	.02
Gedächtnis				
FGT Lernsumme	.14*	.16*	.02	.02
FGT Verzögerte freie Wiedergabe I	.14*	.17**	.02	.03
FGT Verzögerte freie Wiedergabe II	.13*	.15*	.02	.02
FGT Wiedererkennen Treffer	.06	.14*	<.01	.02
FGT Wiedererkennen – falsch-positive Antworten	−.17**	−.1	.03	<.01
NBV Anzahl Richtiger	−.02	.03	<.01	<.01
NBV Anzahl Fehler	−.2**	−.12	.04	.02
Exekutive Funktionen				
TMT-L Teil B Bearbeitungszeit in Sekunden	−.37***	.02	.14	<.01
INHIB Kommissionsfehler	−.18**	−.19**	.03	.04
TOL Planungsfähigkeit	.26***	.15*	.07	.02
Neglect				
Mittlere Reaktionszeit links (Millisekunden)	−.33***	−.04	.11	<.01
Mittlere Reaktionszeit rechts (Millisekunden)	−.30***	−.03	.1	<.01
WAF-R Verpasser links	−.03	.04	<.01	<.01
WAF-R Verpasser rechts	−.09	.07	<.01	<.01
Fragebogen				
FLei Subjektive geistige Leistungsfähigkeit	−.06	.04	<.01	<.01

Anmerkungen. Signifikanzniveau der einzelnen Werte: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

In Bezug auf die Gedächtnisleistung sind die Alters- und Geschlechtereffekte beim Lernen, Abruf und Wiedererkennen (FGT) sowie beim verbalen Arbeitsgedächtnis (NBV) größtenteils nicht bedeutsam. Ein kleiner Effekt ergab sich bei der Fehleranzahl im verbalen Arbeitsgedächtnis, mit einer abnehmenden Fehlerzahl mit steigendem Alter (Alter: $\eta^2 = .04$). Ein weiterer schwacher Effekt des Geschlechts zeigte sich in der verzögerten freien Wiedergabe (Geschlecht: $\eta^2 = .03$).

Bei den exekutiven Funktionen zeigte sich in allen Untertests ein Anstieg der Leistung mit zunehmendem Alter. Die kognitive Flexibilität verbesserte sich stark mit zunehmendem Alter ($\eta^2 = .14$) und auch die Planungsfähigkeit nahm mit steigendem Alter deutlich zu ($\eta^2 = .07$). Ein kleiner Effekt fand sich im Bereich der Inhibition ($\eta^2 = .03$) mit leicht besseren Werten bei Mädchen als bei Jungen. In den übrigens Tests zu den exekutiven Funktionen zeigten sich keine bedeutsamen Geschlechtereffekte.

Die Kontrollskala WAF-R zeigte keine Auffälligkeiten. Die Ergebnisse des FLei zeigten keine alters- oder geschlechtsspezifischen Effekte.

Zusammenhänge zwischen Test- und Fragebogenmaβen

Die Rangkorrelationsberechnungen des Fragebogens FLei mit den Rohwerten der COGBAT ergaben keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den drei Dimensionen des FLei (Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Exekutivfunktionen) und den Hauptvariablen der COGBAT (alle Rangkorrelationen $\rho < 0.12$). Auch die Rangkorrelationsberechnungen des SDQ (Gesamtproblemwert, Emotionale Probleme, Verhaltensprobleme, Hyperaktivität, Verhaltensprobleme mit Gleichaltrigen, Prosoziales Verhalten) mit den COGBAT-Hauptvariablen ergaben keine bedeutsamen Zusammenhänge (alle Rangkorrelationen $\rho < 0.15$). Zusätzliche Analysen mit statistischer Korrektur für das Alter und das Geschlecht der Jugendlichen zeigten deckungsgleiche Ergebnisse. Des Weiteren gab es bei den untersuchten Zusammenhängen keine Interaktionen mit dem Alter und dem Geschlecht. Die SDQ-Werte entsprachen nahezu der Normstichprobe des SDQ (Lohbeck, Schultheiß, Petermann & Petermann, 2015). Die Jugendlichen in unserer Studie waren prosozialer als die Normstichprobe (t [1746] = 7.00, $p < .001$) und hatten weniger Probleme mit Gleichaltrigen (t [1746] = –3.7, $p < .001$). Die Untersuchung auf Zusammenhänge zwischen SDQ-Werten und der subjektiven Einschätzung FLei der COGBAT sind in Tabelle 3 abgebildet. Die Werte des SDQ und des FLei (höhere Werte bedeuten mehr wahrgenommene Defizite) zeigten Zusammenhänge von kleiner bis moderater Stärke. Mittlere Effekte fanden sich in der Assoziation zwischen SDQ-Gesamtwert und FLei-Gesamtwert ($\rho = .54$, $p < .001$), SDQ-Gesamtwert und FLei-Aufmerksamkeit ($\rho = .56$, $p < .001$) sowie SDQ-Hyperaktivität und FLei-Aufmerksamkeit ($\rho = .51$, $p < .001$).

Diskussion

Im Rahmen dieser Normierungsstudie wurden anhand der Testbatterie COGBAT die kognitiven Funktionen Verarbeitungsgeschwindigkeit, Aufmerksamkeit, Gedächtnis und exekutive Funktionen von Jugendlichen zwischen 12 und 15 Jahren untersucht. Die Ergebnisse wurden den Normwerten der nächsten Altersgruppe, den Adoleszenten und jungen Erwachsenen zwischen 16 und 30 Jahren, gegenübergestellt. Ziel dieser Studie war es, Normen für den Altersbereich der Adoleszenz zu generieren und Zusammenhänge zwischen den Testleistungen und dem Alter sowie dem Geschlecht zu untersuchen. Zusätzlich sollten die Testdaten mit den subjektiven Einschätzungen verglichen und die Testbatterie auf ihre Anwendbarkeit in diesem jungen Altersbereich überprüft werden.

Tabelle 3. Zusammenhänge der Skalen von SDQ und FLei

SDQ-Skala	FLei-Skala			
	Gesamtwert	Aufmerksamkeit	Gedächtnis	Exekutive Funktionen
Gesamtwert	ρ = .54***	P = .56***	ρ = .48	ρ = .38***
Hyperaktivität	ρ = .45***	ρ = .51***	ρ = .35***	ρ = .32***
Emotionale Probleme	ρ = .34***	ρ = .35***	ρ = .31***	ρ = .25***
Verhaltensauffälligkeit	ρ = .33***	ρ = .32***	ρ = .29***	ρ = .21***
Verhaltensprobleme mit Gleichaltrigen	ρ = .21***	ρ = .17**	ρ = .24***	ρ = .15*
Prosoziales Verhalten	ρ = –.3**	ρ = –.22***	ρ = –.29***	ρ = –.28***

Anmerkungen. Signifikanzniveau der einzelnen Werte: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article
under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

COGBAT

Die Ergebnisse der vorliegenden Normierungsstudie zeigen in der Verarbeitungsgeschwindigkeit und der Aufmerksamkeitsleistung Zuwächse bis ins junge Erwachsenenalter. Mit zunehmendem Alter werden die Jugendlichen in ihrer Reaktions- und Bearbeitungszeit schneller und auch die sinkende Verpasser- und Fehleranzahl deutet auf weitere Reifungsschritte in der Aufmerksamkeitsleistung hin. Dies deckt sich mit den Theorien, die von einer fortschreitenden Myelinisierung und von neuronalen Reifungsprozessen einhergehend mit schnelleren neuronalen Verbindungen bis ins junge Erwachsenelter ausgehen (Best & Miller, 2010; Kail & Ferrer, 2007; Kail, 1991; Luna et al., 2004). Für die Praxis empfiehlt es sich, bei der geteilten Aufmerksamkeit (WAF-G) neben den Verpassern auch die Fehleranzahl in die Diagnostik miteinzubeziehen, um ein differenzierteres Bild zu erhalten. Insbesondere die jüngeren Jugendlichen hatten bei der Instruktion des WAF-G Verständnisschwierigkeiten.

Im Bereich der Gedächtnisleistung zeigte sich gemäß der bisherigen Studienlage, dass der Entwicklungsprozess der Speicherungs- und Wiedergabeleistung bei den Jugendlichen als weitgehend abgeschlossen gelten kann (Korkman et al., 2013). Jedoch ist dies nicht auf andere Gedächtnisbereiche übertragbar, da die Leistung stark von der zu bearbeitenden Aufgabe abhängt (Andreano & Cahill, 2009). Ein kleiner Geschlechtereffekt bei der Lernaufgabe zeigte sich im verzögerten freien Abruf. Bei dieser Aufgabe könnte das Ausmaß der Genauigkeit (Speck et al., 2000) oder auch die Motivations- und Frustrationstoleranz der Jugendlichen eine Rolle spielen. Bei unseren Beobachtungen fiel auf, dass die männlichen Jugendlichen etwas schneller gelangweilt und impulsiver auf die sich wiederholenden Durchgänge des FGT reagierten als die weiblichen. Da die Impulskontrolle bei den Jungen in der Altersklasse der 13- bis 15-Jährigen (siehe INHIB) etwas schwächer ausgeprägt war als bei den Mädchen, könnte dieser Umstand den kleinen Geschlechtsunterschied mit beeinflussen. Im Einzelfall bietet die COGBAT eine ausführliche Auswertung der einzelnen Tests an, um die willkürliche Handhabung zu überprüfen. Bei der vom Hersteller berechneten Hauptvariable des Arbeitsgedächtnisses konnte bei den Jugendlichen nur ein geringer Leistungszuwachs gefunden werden. Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Variable der Fehleranzahl wurden Leistungsverbesserungen auch im Bereich der 12- bis 15-Jährigen sichtbar. Da die Fehleranzahl nicht in die Hauptvariable einfließt, werden gute Ergebnisse in der Hauptvariable Arbeitsgedächtnis auch durch ein permanentes Drücken auf die dargebotenen Reize erreicht. Ungeklärt bleibt, ob das permanente Drücken auf der unterentwickelten Fähigkeit beruht, auf einen 2-Back-Test adäquat zu reagieren (Schleepen & Jonkman, 2009), oder ob die Testinstruktion bei den Jüngsten zu Verständnisschwierigkeiten führt und es dadurch zu einer fehlerbehafteten Ausführung kommt. Daher sollte neben der Hauptvariablen des NBV die Fehleranzahl in die Analyse miteinbezogen oder eine Berechnung der Anzahl der richtigen Reaktionen durchgeführt werden, um ein sensitiveres Ergebnis zu erhalten.

Die eindeutigsten Entwicklungsfortschritte zeigten sich im Bereich der exekutiven Funktionen. Dabei ist in unserer Studie die kognitive Flexibilität neben der Verarbeitungsgeschwindigkeit diejenige Fähigkeit, die sich in der Adoleszenz am stärksten entwickelte, ähnlich den Ergebnissen von Paus (2005). Auch die Planungsfähigkeit verbesserte sich in unserer Stichprobe der 12- bis 15-Jährigen stark. Laut bestehender Literatur hat diese im Gegensatz zur kognitiven Flexibilität ihr Leistungshoch etwas später im jungen Erwachsenenalter, aber früher als die Inhibitionsfähigkeit (siehe auch de Luca et al., 2003; Huizinga et al., 2006). Im Bereich der Inhibition fand sich in unseren Daten eine moderate Entwicklung während der Adoleszenz. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien, welche von einer Zunahme der Inhibitionsleistung bis ins junge Erwachsenenalter ausgehen (Asato et al., 2006; Leon-Carrion, Garzía-Orza & Pérez-Santamaía, 2004). Im Bereich der Inhibition zeigte sich in unserer Studie ein Geschlechtereinfluss, mit besseren Leistungen bei den Mädchen als bei den Jungen. In der Literatur gibt es darüber widersprüchliche Annahmen (Anderson, 2002; Krikorian & Bartok, 1998; Röthlisberger, Neuenschwander, Michel & Roebers, 2010). Gut untersucht ist, dass Jungen und erwachsene Männer häufiger unter einer Störung der Impulskontrolle leiden (Garavan, Hester, Murphy, Fassbender & Kelly, 2006; Hartung, Milich, Lynam & Martin, 2002; Hester, Fassbender & Garavan, 2004). Auch unsere Daten lassen vermuten, dass weibliche Jugendliche über eine bessere Inhibitionsfähigkeit verfügen.

Zusammenhänge

Zwischen der subjektiven Leistungseinschätzung FLei, der Selbsteinschätzung bezüglich Psychopathologie (SDQ) und der durch die COGBAT gemessenen kognitiven Leistungen zeigten sich in der vorliegenden Studie keine bedeutsamen Zusammenhänge. Die schwache Befundlage zwischen Testdaten und subjektiven Daten könnte darin begründet sein, dass es sich bei der Stichprobe um gesunde Proband_innen handelte und die Fragebögen auf klinische Stichproben ausgelegt sind. Darüber hinaus wurde in der Vergangenheit bei der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen den subjektiven Einschätzungen und Testleistungen nur unsystematische oder nur schwache Zusammenhänge gefunden, deren Gründe bislang unbekannt sind (Diener, Bornschlegl,

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

Menke & Petermann, 2016). Interessanterweise zeigten sich schwache bis moderate Zusammenhänge zwischen den SDQ-Werten und der subjektiven Einschätzung FLei der COGBAT, einerseits in den Gesamtwerten und andererseits in Bezug auf die Einschätzung der Aufmerksamkeit (FLei) und der Unterskala Hyperaktivität (SDQ). So können die Fragebögen, auch der FLei, dazu dienen, subjektive Defizite darzustellen (Beblo et al., 2010), was vor allem im klinischen Einsatz von Interesse sein kann.

Grenzen der Studie

Ein limitierender Faktor dieser Studie ist die fehlende Erhebung des Bildungsstandes. Wir orientierten uns an den Angaben des Herstellers, der für diese Altersgruppe nach Alter und Geschlecht gruppiert. Aber auch weitere kovariierende Faktoren wie der Intelligenzquotient oder der sozioökonomische Status der Eltern wurden in dieser Studie nicht erhoben. Die Verteilung auf unterschiedliche Schultypen der jugendlichen Stichprobe lässt auf eine relativ gebildete Stichprobe schließen, was die Repräsentativität der Stichprobe einschränkt und zu einer Unterschätzung der Leistung in heterogeneren Stichproben führen könnte. Diese Faktoren sollten in zukünftigen Studien untersucht werden. In diesem Zusammenhang sollte auch eine klinische Stichprobe in die Untersuchung miteinbezogen werden. Eine weitere Limitation ist das Querschnittsdesign, welches keine direkten Schlüsse über Entwicklungsprozesse im Kindes- und Jugendalter zulässt. Es bedarf longitudinaler Studien, um Entwicklungsprozesse über diese Alterspanne adäquat zu erfassen. Zu guter Letzt soll eine allgemeinere Kritik an der Anwendung neuropsychologischer Tests – angeregt durch den scharfsinnigen Kommentar eines Gutachters oder einer Gutachterin – Erwähnung finden. Neuropsychologische Verfahren, wie sie in vielen Testbatterien, so auch in der COGBAT, seit Jahren verwendet werden, sollten obgleich etablierter Testgütekriterien ständig kritisch weiterentwickelt werden. So können Erkenntnisse aus der aktuelleren Forschung zur Entwicklung neuer Paradigmen beitragen, welche beispielsweise eine höhere ökologische Validität aufweisen und/oder mit verbesserten Konzeptualisierungen von neuropsychologischen Konstrukten übereinstimmen (beispielsweise im Bereich der exekutiven Funktionen).

Zusammenfassung

Das Jugendalter stellt einen wichtigen Abschnitt in der Entwicklung basaler und höherer kognitiver Funktionen dar. Bisher wenig Beachtung fand der Altersbereich der 12- bis 15-jährigen Adoleszenten. Die vorliegende Studie hat entgegen mancher Untersuchungen gezeigt, dass innerhalb dieses Altersbereichs in allen kognitiven Funktionen eine Weiterentwicklung stattfindet und zum Großteil bis ins junge Erwachsenenalter hineinreicht. Das Einbeziehen von neuropsychologischen Verfahren wie der COGBAT kann zu einem besseren Verständnis von normativen und pathologischen Entwicklungsverläufen beitragen. Durch die Normierung der COGBAT im Alter ab 12 Jahren ist es nun möglich, dieses Instrument auch unter Beachtung zusätzlicher Variablen wie Fehleranzahl oder Auslassungen in der Diagnostik einzusetzen.

Literatur

Alloway, T.P., Gathercole, S.E. & Pickering, S.J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development*, *77*, 1698–1716. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, *8*, 71–82. https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724

Anderson, V.A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R. & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, *20*, 385–406. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_5

Andreano, J.M. & Cahill, L. (2009). Sex influences on the neurobiology of learning and memory. *Learning & Memory*, *16*, 248–266. https://doi.org/10.1101/lm.918309

Asato, M.R., Sweeney, J.A. & Luna, B. (2006). Cognitive processes in the development of TOL performance. *Neuropsychologia*, *44*, 2259–2269. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.010

Aschenbrenner, S., Kaiser, S., Pfüller, U., Roesch-Ely, D. & Weisbrod, M. (2012). *Wiener Testsystem: Testset Kognitive Basistestung (CogBat).* Mödling: Schuhfried.

Beblo, T., Kunz, M., Brokate, B., Scheurich, A., Weber, B., Albert, A. et al. (2010). Entwicklung eines Fragebogens zur subjektiven Einschätzung der geistigen Leistungsfähigkeit (FLei) bei Patienten mit psychischen Störungen. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, *21*, 143–151. https://doi.org/10.1024/1016-264X/a000013

Best, J.R. & Miller, P.H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development*, *81*, 1641–1660. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x

Betts, J., McKay, J., Maruff, P. & Anderson, V. (2006). The development of sustained attention in children: The effect of age and task load. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, *12*, 205–221. https://doi.org/10.1080/09297040500488522

Casey, B.J., Jones, R.M. & Hare, T.A. (2008). The adolescent brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1124*, 111–126. https://doi.org/10.1196/annals.1440.010

Crone, E.A. (2009). Executive functions in adolescence: Inferences from brain and behavior. *Developmental Science*, *12*, 825–830. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00918.x

Debelak, R. & Mandler, G. (2011). *MOUSE Mauseignungstest*. Mödling: Schuhfried.

Diener, C., Bornschlegl, M., Menke, B. & Petermann, F. (2016). Subjektive Einschätzung und objektive kognitive Leistung bei psy-

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

chisch Gesunden. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, *27*, 147–157. https://doi.org/10.1024/1016-264X/a000186

Garavan, H., Hester, R., Murphy, K., Fassbender, C. & Kelly, C. (2006). Individual differences in the functional neuroanatomy of inhibitory control. *Brain Research*, *1105*, 130–142. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.03.029

Gathercole, S.E., Pickering, S.J., Ambridge, B. & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, *40*, 177–190. https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177

Goodman, R. (2006). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *38*, 581–586. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1997.tb01545.x

Greenberg, L.M. & Waldman, I.D. (1993). Developmental normative data on the test of variables of attention (T.O.V.A.). *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, *34*, 1019–1030. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1993.tb01105.x

Hartung, C.M., Milich, R., Lynam, D.R. & Martin, C.A. (2002). Understanding the relations among gender, disinhibition, and disruptive behavior in adolescents. *Journal of Abnormal Psychology*, *111*, 659–664. https://doi.org/10.1037//0021-843x.111.4.659

Hester, R., Fassbender, C. & Garavan, H. (2004). Individual differences in error processing: A review and reanalysis of three event-related fMRI Studies using the GO/NOGO task. *Cerebral Cortex*, *14*, 986–994. https://doi.org/10.1093/cercor/bhh059

Huizinga, M., Dolan, C.V. & van der Molen, M.W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, *44*, 2017–2036. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010

Kail, R. (1991). Developmental change in speed of processing during childhood and adolescence. *Psychological Bulletin*, *109*, 490–501. https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.3.490

Kail, R. (2000). Speed of information processing: Developmental change and links to intelligence. *Journal of School Psychology, 38*, 51–61. https://doi.org/10.1016/S0022-4405(99)00036-9

Kail, R. & Ferrer, E. (2007). Processing speed in childhood and adolescence: Longitudinal models for examining developmental change. *Child Development*, *78*, 1760–1770. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01088.x

Kaiser, S., Aschenbrenner, S., Pfüller, U., Roesch-Ely, D. & Weisbrod, M. (2010). *INHIB Response Inhibition*. Mödling: Schuhfried.

Kaller, C.P., Unterrainer, J.M., Kaiser, S., Weisbrod, M. & Aschenbrenner, S. (2011). *Tower of London – Freiburger Version (TOL-F)*. Mödling: Schuhfried.

Khundrakpam, B.S., Reid, A., Brauer, J., Carbonell, F., Lewis, J., Ameis, S. et al. (2013). Developmental changes in organization of structural brain networks. *Cerebral Cortex*, *23*, 2072–2085. https://doi.org/10.1093/cercor/bhs187

Korkman, M., Kemp, S.L. & Kirk, U. (2001). Effects of age on neurocognitive measures of children ages 5 to 12: A cross-sectional study on 800 children from the United States. *Developmental Neuropsychology*, *20*, 331–354. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_2

Korkman, M., Lahti-Nuuttila, P., Laasonen, M., Kemp, S.L. & Holdnack, J. (2013). Neurocognitive development in 5- to 16-year-old North American children: A cross-sectional study. *Child Neuropsychology, 19*, 516–539. https://doi.org/10.1080/09297049.2012.705822

Krikorian, R. & Bartok, J.A. (1998). Developmental data for the Porteus Maze Test. *Clinical Neuropsychologist*, *12*, 305–310. https://doi.org/10.1076/clin.12.3.305.1984

Leon-Carrion, J., Garzía-Orza, J. & Pérez-Santamaía, F.J. (2004). Development of inhibitory component of the executive functions in children and adolescents. *International Journal of Neuroscience*, *114*, 1291–1311. https://doi.org/10.1080/00207450490476066

Lohbeck, A., Schultheiß, J., Petermann, F. & Petermann, U. (2015). Die deutsche Selbstbeurteilungsversion des Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ-Deu-S). *Diagnostica*, *61*, 222–235. https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000153

de Luca, C.R., Wood, S.J., Anderson, V., Buchanan, J.-A., Proffitt, T.M., Mahony, K. et al. (2003). Normative data from the CANTAB. I: Development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *25*, 242–254. https://doi.org/10.1076/jcen.25.2.242.13639

Luna, B., Garver, K.E., Urban, T.A., Lazar, N.A. & Sweeney, J.A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, *75*, 1357–1372. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00745.x

Luna, B., Thulborn, K.R., Munoz, D.P., Merriam, E.P., Garver, K.E., Minshew, N.J. et al. (2001). Maturation of widely distributed brain function subserves cognitive development. *NeuroImage*, *13*, 786–793. https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0743

Newman, J. & Grace, A.A. (1999). Binding across time: The selective gating of frontal and hippocampal systems modulating working memory and attentional states. *Consciousness and Cognition*, *8*, 196–212. https://doi.org/10.1006/ccog.1999.0392

O'Halloran, L., Cao, Z., Ruddy, K., Jollans, L., Albaugh, M.D., Aleni, A. et al. (2018). Neural circuitry underlying sustained attention in healthy adolescents and in ADHD symptomatology. *NeuroImage, 169,* 395–406. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.12.030

Paus, T. (2005). Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*, 60–68. https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.008

Rodewald, K., Weisbrod, M. & Aschenbrenner, S. (2012). *Trail Making Test – Langensteinbacher Version (TMT-L)*. Mödling: Schuhfried.

Rosenqvist, J., Lahti-Nuuttila, P., Urgesi, C., Holdnack, J., Kemp, S.L. & Laasonen, M. (2017). Neurocognitive functions in 3- to 15-year-old children: An international comparison. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *23*, 367–380. https://doi.org/10.1017/S1355617716001193

Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Michel, E. & Roebers, C.M. (2010). Exekutive Funktionen: Zugrundeliegende kognitive Prozesse und deren Korrelate bei Kindern im späten Vorschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *42*, 99–110. https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000010

Schellig, D. & Schuri, U. (2009). *N-Back verbal (NBV)*. Mödling: Schuhfried.

Schilling, C., Kühn, S., Paus, T., Romanowski, A., Banaschewski, T., Barbot, A. et al. (2013). Cortical thickness of superior frontal cortex predicts impulsiveness and perceptual reasoning in adolescence. *Molecular Psychiatry*, *18*, 624–630. https://doi.org/10.1038/mp.2012.56

Schleepen, T.M.J. & Jonkman, L.M. (2009). The development of non-spatial working memory capacity during childhood and adolescence and the role of interference control: An N-Back task study. *Developmental Neuropsychology*, *35*, 37–56. https://doi.org/10.1080/87565640903325733

Speck, O., Ernst, T., Braun, J., Koch, C., Miller, E. & Chang, L. (2000). Gender differences in the functional organization of the brain for working memory. *NeuroReport*, *11*, 2581–1585.https://doi.org/10.1097/00001756-200008030-00046

Steinberg, L. (2005). Cognitive and affective development in adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*, 69–74. https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.005

Sturm, W. (2006). *Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsfunktionen-Batterie (WAF)*. Mödling: Schuhfried.

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Vetter, J., Aschenbrenner, S. & Weisbrod, M. (2012). *Figuraler Gedächtnistest (FGT)*. Mödling: Schuhfried.
Waber, D.P., De Moor, C., Forbes, P.W., Almli, C.R., Botteron, K.N., Leonard, G. et al. (2007). The NIH MRI study of normal brain development: Performance of a population based sample of healthy children aged 6 to 18 years on a neuropsychological battery. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *13*, 729–746. https://doi.org/10.1017/S1355617707070841
Whelan, R., Conrod, P.J., Poline, J.-B., Lourdusamy, A., Banaschewski, T., Barker, G.J. et al. (2012). Adolescent impulsivity phenotypes characterized by distinct brain networks. *Nature Neuroscience*, *15*, 920–925. https://doi.org/10.1038/nn.3092
White, T.P., Loth, E., Rubia, K., Krabbendam, L., Whelan, R., Banaschewski, T. et al. (2014). Sex differences in COMT polymorphism effects on prefrontal inhibitory control in adolescence. *Neuropsychopharmacology*, *39*, 2560–2569. https://doi.org/10.1038/npp.2014.107
Willhelm, A.R., Fortes, P.M., Czermainski, F.R., Rates, A.S.A. & de Almeida, R.M.M. (2016). Neuropsychological and behavioral assessment of impulsivity in adolescents: A systematic review. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, *38*, 128–135. https://doi.org/10.1590/2237-6089-2015-0019

Historie
Eingereicht: 27. April 2021
Akzeptiert: 20. Dezember 2021

Danksagung
Wir danken der Firma Schuhfried für ihre Drittmittelunterstützung im Rahmen dieser Studie.

Interessenkonflikt
Die Autorenschaft gibt an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Förderung
Open-Access-Veröffentlichung ermöglicht durch Universität Heidelberg.

ORCID
Ines Mirjam Murner-Lavanchy
https://orcid.org/0000-0003-1127-3509

Prof. Dr. med. Franz Resch
Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie
Universitätsklinikum Heidelberg
Blumenstr. 8
69115 Heidelberg
Deutschland

Franz.Resch@med.uni-heidelberg.de

https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/1016-264X/a000356 - Thursday, June 09, 2022 3:23:08 AM - University of Bern IP Address:130.92.165.97

© 2022 The Author(s) Distributed as a Hogrefe OpenMind article under the license CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)