

Digitale neuropsychologische diagnostiek: vloek of zegen?

Céline R. Gillebert, Hella Thielen

[TIJDSCHRIFT KLINISCHE PSYCHOLOGIE, 2022, 52(2), 126-134]

Inleiding

De afgelopen decennia hebben technologische innovaties onze samenleving ingrijpend veranderd. Waar we rond 1980 nog een vaste telefoon gebruikten om te bellen en een encyclopedie om informatie op te zoeken, was in 2020 93% van de Vlamingen in het bezit van een smartphone en gebruikte 98% wekelijks het internet (Vandendriessche, z.j.). Deze toenemende digitalisering heeft er niet alleen voor gezorgd dat we ons dagelijks leven efficiënter kunnen inrichten, ze heeft ook tot een omwenteling in de zorg geleid. Zo werden papieren dossiers vervangen door het elektronisch patiëntendossier, robots ontwikkeld om zorgverleners te ondersteunen en wearables ingezet om gezondheidsparameters op afstand te monitoren. Waar veel medische en paramedische disciplines deze technologische ontwikkelingen omarmden en de COVID-19-pandemie de digitalisering zelfs heeft versneld, is de werkwijze van de klinisch neuropsycholoog de afgelopen decennia vrijwel onveranderd gebleven. In deze bijdrage nemen we de neuropsychologische diagnostiek *under review*, en bespreken we de meerwaarde van technologie in de diagnostiek alsook de uitdagingen waar we als werkveld voor staan om de klinische praktijk te moderniseren.

De neuropsychologische diagnostiek under review

Hoewel men al eeuwenlang de gevolgen van hersenaandoeningen in kaart probeert te brengen, ontstond de huidige praktijk van de klinische neuropsychologie pas rond 1960. In de moderne neuropsychologische praktijk staat het hypothesetoetsend diagnostisch onderzoek centraal: op basis van nauwkeurige observaties van een cliënt en kennis over hersen-gedragsrelaties stelt de neuropsycholoog hypothesen op over iemands cognitieve sterktes en zwaktes, en over mogelijke verklaringen voor de klinische presentatie. De hypothesen worden vervolgens getoetst met een psychometrisch verantwoorde testbatterij, die

doorgaans bestaat uit een aantal pen-en-papier testen of vragenlijsten. Opvallend is dat de testen en vragenlijsten die we frequent gebruiken, dateren van vór voor 1960 (bijvoorbeeld: de Auditory Verbal Learning Test van 1916, de Stroop-test van 1935, de Trail Making Test van 1944), en dat ze oorspronkelijk niet eens ontwikkeld waren om hersenaandoeningen te diagnosticeren. Zo werd de Trail Making Test ontwikkeld voor het bestuderen van individuele verschillen in intelligentie. Hoewel neuropsychologen steeds vaker gebruikmaken van computers, worden deze verouderde testen, zowel door Vlaamse als door internationale testgebruikers, nog steeds verkozen boven digitale alternatieven (Briers, 2020; Rabin et al., 2014). Ze hebben immers de tand des tijds doorstaan, zijn beschikbaar in verschillende talen, en hebben zowel klinisch als wetenschappelijk geleid tot een accumulatie van kennis.

Bij het vasthouden aan deze testen wordt echter verrassend genoeg weinig rekening gehouden met hun tekortkomingen. Ten eerste zijn de handmatige aanbidding van stimuli, en de registratie en scoring van antwoorden weinig efficiënt. Test- en stimulusboeken zijn lijvig, verslijten snel, laten niet toe om stimuli op een temporeel precieze manier aan te bieden, en de manuele registratie en scoring van de antwoorden zijn erg gevoelig voor fouten. Ten tweede hanteert men binnen de neuropsychologische diagnostiek een enigszins 'enge' visie op cognitie, waarbij men de integriteit van diverse cognitieve functies afzonderlijk wenst te onderzoeken. In de realiteit zijn ze echter onderling afhankelijk en werken ze intensief samen om een test tot een goed einde te brengen (Kessels, 2019). Momenteel bestaan er in de neuropsychologische praktijk weinig tot geen gevalideerde meetinstrumenten om één specifiek cognitief construct te meten. Hoewel de interactie tussen verschillende cognitieve functies aansluit bij hoe we cognitie gebruiken in de activiteiten van het dagelijkse leven, is een cognitief precieze kennis van iemands sterktes en zwaktes van groot belang voor de interpretatie van de testresultaten en de daaropvolgende aanbevelingen voor behandeling. Ten derde is de ecologische validiteit van veel neuropsychologische testen beperkt. De scores op neuropsychologische testen kunnen de beperkingen in de activiteiten van het dagelijkse leven onder- of overschatten. En hoewel variabiliteit in het cognitief functioneren in de loop van de tijd een adequate voorspeller is van cognitief functioneren in het dagelijkse leven, is een neuropsychologisch onderzoek meestal slechts een momentopname (Jones et al., 2020). Ten slotte is er voor veel neuropsychologische testen een gebrek aan geschikte normgegevens, aan gevalideerde parallelversies en aan onderzoek naar de psychometrische eigenschappen.

Meerwaarde van digitale neuropsychologische diagnostiek

In wat volgt, bespreken we hoe digitale technologieën een aantal tekortkomingen van traditionele pen-en-papier testen kunnen opvangen en tevens de neuropsychologische praktijk kunnen moderniseren.

Digitale neuropsychologische testen verhogen de efficiëntie

Een eerste benadering om technologie te integreren in de neuropsychologische praktijk is het digitaliseren van bestaande pen-en-papier testen. Zo bestaan er digitale versies van de Trail Making Test en de Wisconsin Card Sorting Test. Gedigitaliseerde testen kunnen worden afgenomen op een tablet en zijn zo makkelijk inzetbaar. Ze hebben het voordeel dat de stimulaanbieding, de responsregistratie, de scoring en de vergelijking met normgegevens geautomatiseerd kunnen verlopen. Dit verhoogt de standaardisatie en verkleint de kans op fouten. Digitale testen laten ook toe om een aantal extra uitkomstmaten te registreren, zoals exacte antwoordtijden, of de strategie die gebruikt wordt om een taak uit te voeren (denk hierbij aan de gebruikte strategie tijdens een doorstreeptaak of de opbouw van een tekening), hetgeen belangrijk kan zijn voor differentiaaldiagnostische beslissingen. Ten slotte is het makkelijker om van digitale testen parallelversies te maken, en om adaptief te testen of het testmateriaal aan te passen aan de cliënt (bijvoorbeeld lettergrootte of contrast bij een leestaak), waardoor de testafname sneller en efficiënter kan verlopen (Miller & Barr, 2017).

Cognitief neurowetenschappelijke paradigma's hebben een hoge cognitieve precisie

Waar traditionele pen-en-papier testen in staat zijn te differentiëren tussen neurotypische individuen en individuen met een hersenaandoening, laten ze vaak niet toe om verschillende cognitieve functies op een nauwkeurige manier van elkaar te onderscheiden. Hierdoor kunnen beperkingen in specifieke cognitieve functies onopgemerkt blijven en kan er geen uitspraak gedaan worden over de mechanismen die verantwoordelijk zijn voor een slechte testprestatie. Denk bijvoorbeeld aan een doorstreeptaak waarbij visuele doelstimuli en afleiders aangeboden worden op een A4'tje, en gevraagd wordt om de doelstimuli te doorstrepen binnen een bepaalde tijdsspanne. Het is niet mogelijk om te besluiten of een slechte prestatie (een laag aantal doorstreepte doelstimuli) het gevolg is van een verminderde visuele perceptie (de cliënt ziet het onderscheid niet tussen doelstimuli en afleiders), een afwijkende visuele selectieve aandacht (de cliënt kan zijn aandacht niet selectief richten op de doelstimuli), of een spatiale aandachtsbias (de stimuli aan één zijde van de ruimte worden genegeerd). In de cognitieve neurowetenschappen worden tegenwoordig experimentele (gecomputeriseerde) paradigma's ontwikkeld om op een fijnmazige manier cognitieve processen van elkaar te onderscheiden (Kessels, 2019). Zo laat een experimenteel paradigma gebaseerd op de Theory of Visual Attention (Bundesen, 1990) toe om verschillende visuele aandachtsprocessen te kwantificeren met een eenvoudige gecomputeriseerde taak. Tijdens deze taak moeten cliënten doelstimuli identificeren die voor een bepaalde duur (van 10 tot 200 milliseconden) getoond worden op een computerscherm.

Soms worden deze doelstimuli getoond in aanwezigheid van afleiders en moeten cliënten de doelstimuli identificeren en de afleiders negeren. Op basis van computationele modellering kan dan een schatting gemaakt worden van de capaciteit van het visuele kortetermijngeheugen, de verwerkingssnelheid en de selectieve aandacht. Dit paradigma laat dus toe om uitspraken te doen over de mechanismen die onderliggend zijn aan een afwijkende prestatie. De psychometrische eigenschappen van deze taak zijn breed onderzocht in de neurotypische populatie en werden al gebruikt bij klinische groepen, zoals bij kinderen met ADHD of dyslexie en volwassenen met een niet-aangeboren hersenletsel of een neurodegeneratieve aandoening (Habekost, 2015). Er bestaan parallelversies en er is geen duur materiaal nodig voor de testafname: een desktop, laptop of zelfs een tablet volstaat (Wang et al., 2021). De test-hertestbetrouwbaarheid en de betrouwbaarheid van de parallelvorm zijn onderzocht (Wang & Gillebert, 2018).

Immersieve virtuele realiteit verhoogt de ecologische validiteit

De vraagstellingen die aanleiding geven tot een neuropsychologisch onderzoek hebben vaak betrekking op complexe activiteiten in het dagelijks leven die plaatsvinden in een prikkelrijke omgeving. Bijvoorbeeld: Kunnen cliënten zelfstandig boodschappen doen of veilig autorijden in het verkeer? Is er ondersteuning nodig op school? Om hierop een antwoord te geven, wordt doorgaans een beroep gedaan op pen-en-papier testen die worden afgenomen in een prikkelarme testruimte (Spreij et al., 2017). De ecologische validiteit van deze testen is meestal beperkt, omdat de testprestatie weinig correleert met het alledaags functioneren ('veridicality') en omdat testvereisten en -omgeving weinig lijken op de alledaagse situaties ('verisimilitude'). Hoewel er de afgelopen decennia een aantal neuropsychologische testen werden ontwikkeld met een hogere 'verisimilitude' wat betreft de testvereisten (bijvoorbeeld: Test of Everyday Attention; Behavioral Assessment of the Dysexecutive Syndrome), kunnen ook deze testen het gedrag niet beoordelen in een complexe prikkelrijke omgeving. Virtual reality (VR) biedt de mogelijkheid om cognitieve functies te beoordelen in een complexe, dynamische, interactieve en realistische, maar toch veilige en gecontroleerde 3D-omgeving. Naast het aanbieden van bekende taken in een prikkelrijke omgeving, laat VR neuropsychologen toe om cliënten aan ervaringen bloot te stellen die onmogelijk na te bootsen zijn in de klinische praktijk, zoals het heel gecontroleerd op- of afbouwen van de moeilijkheidsgraad van een test of het testen van gedrag waarbij de veiligheid van de cliënt in het gedrag kan komen. Zo'n virtuele omgeving laat toe om te beoordelen in welke mate een cliënt veilig kan koken, een weg kan oversteken of een auto kan besturen. Technologische verbeteringen hebben ertoe geleid dat het gevoel van immersie is toegenomen, dat virtuele omgevingen steeds meer lijken op de 'echte' wereld, en dat de bijwerkingen steeds beperkter worden, terwijl de VR-apparatuur steeds

goedkoper wordt. Bovendien blijken zelfs oude en cognitief kwetsbare personen positief te staan tegenover het gebruik van VR (Huygelier et al., 2019).

Een uitgebreid onderzochte virtuele omgeving is de AULA Nesplora (Díaz-Orueta et al., 2012). Dit virtuele klaslokaal werd ontwikkeld voor kinderen van zes tot zestien jaar om in twintig minuten simultaan verschillende cognitieve functies te meten (impulsiviteit, informatieverwerkingsnelheid, volgehouden en verdeelde aandacht, afleidbaarheid, motorische hyperactiviteit), bijvoorbeeld in het kader van ADHD. Er wordt aan kinderen gevraagd een go/no-go-paradigma uit te voeren met en zonder afleiders. De auditieve en visuele afleiders zijn gelijkaardig aan deze in een fysiek klaslokaal (bijvoorbeeld: een leerkracht of leerlingen die door het klaslokaal lopen, gefluister). Er zijn normatieve data beschikbaar op basis van een steekproef van 1300 Spaanse kinderen (Iriarte et al., 2016) en uit onderzoek blijkt dat de convergente validiteit van de AULA Nesplora (wanneer de prestaties vergeleken worden met de prestaties op traditionele pen-en-papier testen die gelijkaardige cognitieve constructen meten) middelmatig tot hoog is (Díaz-Orueta, 2017).

Wearables kunnen cognitieve veranderingen in de loop van de tijd monitoren

Cognitieve functies, zoals alertheid en executief functioneren, fluctueren binnen één dag en een hoge intra-individuele variabiliteit in het cognitief functioneren kan kenmerkend zijn voor de subklinische fase van neurodegeneratieve en psychiatrische stoornissen. Om uitspraken te doen over veranderingen in gedrag of cognitie in de loop van de tijd, doen we in de klinische praktijk meestal een beroep op zelfrapportage of observaties. Wearables laten echter toe om op een objectieve wijze een aantal parameters te meten tijdens dagelijkse activiteiten, en dat met een snelheid en volume die mensen niet kunnen evenaren. Zo correleren patronen van fysieke activiteiten afgeleid uit wearables met klinische maten voor de ziekte van Parkinson (Garcia Ruiz & Sanchez Bernardos, 2008). Bovendien toonde onderzoek aan dat cognitieve taken aangeboden op een smartphone of smartwatch significant correleren met de prestatie op andere gevalideerde neuropsychologische testen (Cormack et al., 2019). Daarnaast zijn wearables in staat om gedurende langere tijd belangrijke gezondheidsvariabelen te monitoren die de neuropsychologische diagnostiek kunnen beïnvloeden, zoals slaap, pijn en ervaren stress.

Uitdagingen bij de implementatie van digitale neuropsychologische diagnostiek

Elke hierboven beschreven kans stelt het werkveld voor belangrijke uitdagingen om nieuwe technologieën in de neuropsychologische praktijk te implementeren. Deze uitdagingen

situëren zich op macroniveau (de neuropsychologische praktijk in het algemeen), mesoniveau (de individuele klinische setting) en microniveau (de relatie tussen een individuele cliënt en hulpverlener).

Macroniveau

Een van de beperkingen van traditionele pen-en-papier testen is het gebrek aan adequate normgegevens en informatie over de psychometrische eigenschappen. Deze tekortkomingen worden niet verholpen door testen te digitaliseren of door innovatieve technologieën, zoals VR of wearables, te introduceren. In principe vraagt het aanbieden van een test via een nieuw format (bijvoorbeeld: een Trail Making Test op een tablet in plaats van via een papieren A4-formaat, of via een smartphone in plaats van via een tablet) om het verzamelen van nieuwe normgegevens, en om nieuw onderzoek naar de betrouwbaarheid en validiteit. Eens gedigitaliseerd gaat het immers om een nieuwe test, waarvan de equivalentie met de bestaande test aangetoond moet worden (Germine et al., 2019). Bovendien is er een veelheid aan digitale tools die sterk van elkaar verschillen qua hardware (bijvoorbeeld: schermgrootte en -resolutie, input device, processor) en software (bijvoorbeeld: besturingssysteem), die bovendien regelmatig geüpdatet of geüpgraded moeten worden. Het (frequent) aanpassen van een digitale test aan de verschillende systemen kan kostbaar zijn, en vormt een uitdaging voor het psychometrisch en normequivalentie-onderzoek. Daarnaast is het nog onduidelijk op welke manier het gebruik van digitale tools in de klinische praktijk de therapeutische alliantie beïnvloedt, en zijn er nog belangrijke ethische en juridische vragen te beantwoorden over het copyright op neuropsychologische testen en het opslaan van digitale data.

Mesoniveau

Voor een organisatie zijn de kosten verbonden aan de aanschaf van digitale tools groter dan die van pen-en-papier testen, zeker als de digitale infrastructuur aangepast moet worden, omdat bepaalde testen uitsluitend gevalideerd en genormeerd zijn voor een specifiek apparaat. Bovendien is een investering in deze technologie niet eenmalig, omdat de hard- en software regelmatig geüpgraded moeten worden en het personeel bijscholing nodig heeft. Waar dit voor grotere centra haalbaar kan zijn, is het voor zelfstandige neuropsychologen en kleinere settings een uitdaging om voldoende budget vrij te maken voor deze digitale transformatie. Elke organisatie zal dan moeten afwegen welke digitale diagnostische informatie en tools van meerwaarde kunnen zijn.

Microniveau

Op microniveau zal het altijd neerkomen op wat haalbaar is voor een individuele cliënt en een hulpverlener. Hierbij moet zowel gedacht worden aan de beschikbaarheid van digitale tools, de competentie van de hulpverlener in het gebruik ervan of hoeveel vertrouwen men heeft in de accuraatheid van het resultaat van een digitaal neuropsychologisch onderzoek rekening houdend met specifieke cliëntkenmerken. De capaciteiten van cliënten mogen echter niet onderschat worden: ook ouderen en cliënten met ernstige cognitieve stoornissen zijn in staat om complexe apparatuur te gebruiken en hier plezier aan te beleven (Huygelier et al., 2019).

Naar een hybride neuropsychologische praktijk

Hoewel digitale technologieën snel evolueren en van meerwaarde kunnen zijn voor de neuropsychologische praktijk, kunnen zij momenteel de traditionele pen-en-papier testen nog niet vervangen. Deze tools voldoen immers nog niet aan de psychometrische standaarden van betrouwbaarheid en validiteit (Bauer et al., 2012), zijn niet gratis en niet geschikt voor elke individuele vraagstelling. Hoewel er goede redenen zijn om voor het beantwoorden van bepaalde vragen vast te houden aan traditionele neuropsychologische testen, staat deze praktijk de modernisering van het werkveld in de weg en lopen we achter bij andere disciplines die technologie wél succesvol hebben ingezet om de gezondheidszorg te optimaliseren (Kannarkat et al., 2020). Om uit deze impasse te raken, suggereren Singh en Germine (2021) om over te stappen op een hybride neuropsychologische praktijk waarin traditionele pen-en-papier testen en moderne digitale testen naast elkaar gebruikt worden. Door in de neuropsychologische praktijk gegevens te verzamelen aan de hand van traditionele én innovatieve neuropsychologische testen kunnen de nieuwe digitale tools gevalideerd worden, worden de kosten over de tijd gespreid, en kan het vertrouwen in deze tools langzaam maar zeker groeien. Deze aanpak kan ondersteund worden door bruggen te bouwen tussen zorgverleners onderling, alsook tussen zorgverleners en de organisaties en wetenschappers die de innovatieve technologieën ontwikkelen en aanvaardbaar kunnen maken voor de neuropsychologische praktijk.

Conclusie

Evidencebased neuropsychologische diagnostiek bestaat uit het naar best vermogen toepassen van wetenschappelijke evidentie bij het klinisch redeneren rondom een individuele cliënt met aandacht voor diens levenskwaliteit. Om evidencebased te blijven werken is het noodzakelijk dat er een digitalisering van de neuropsychologische praktijk plaatsvindt.

Naarmate het dagelijks leven verder doordrongen raakt van technologie en opgroeien in een digitale wereld vanzelfsprekend wordt, zullen de validiteit en betrouwbaarheid van klassieke neuropsychologische testen afnemen. De discrepantie tussen het gebruik van technologie in het dagelijks leven en het gebruik van pen-en-papier testen in het neuropsychologisch onderzoek zal immers verder toenemen. We moeten ons er echter van bewust zijn dat de neuropsychologische praktijk niet volledig te digitaliseren is: er zijn een aantal processen die van groot belang zijn binnen een diagnostisch proces, met name het interpersoonlijk contact, die niet te digitaliseren zijn. Waar de neuropsychologie veel kan leren van andere (para)medische disciplines, zoals de neurologie en de cognitieve neurowetenschappen, is zij niet te reduceren tot deze wetenschappen. De toekomst van de neuropsychologische praktijk zal volgens ons een hybride vorm aannemen, waarbij zowel digitale en niet-digitale tools gebruikt worden (Singh & Germine, 2021). Of digitalisering de voorkeur heeft, zal steeds afhangen van individuele factoren naast factoren op meso- en macroniveau.

Literatuur

- Bauer, R.M., Iverson, G.L., Cernich, A.N., Binder, L.M., Ruff, R.M., & Naugle, R.I. (2012). Computerized neuropsychological assessment devices: Joint position paper of the American Academy of Clinical Neuropsychology and the National Academy of Neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 27(3), 362-373. <https://doi.org/10.1093/arclin/acs027>
- Briers, V. (2020). *Inleiding en resultaten testgebruik in Vlaanderen* [Webinar]. Vlaams Forum voor Diagnostiek. <http://www.vlaamsforumdiagnostiek.be/webinar-11--12-2020.html>
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97(4), 523-547. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.97.4.523>
- Cormack, F., McCue, M., Taptiklis, N., Skirrow, C., Glazer, E., Panagopoulos, E., Van Schaik, T.A., Fehnert, B., King, J., & Barnett, J.H. (2019). Wearable technology for high-frequency cognitive and mood assessment in major depressive disorder: Longitudinal observational study. *JMIR Mental Health*, 6(11), 1-15. <https://doi.org/10.2196/12814>
- Díaz-Orueta, U. (2017). Advances in neuropsychological assessment of attention: From initial computerized continuous performance tests to AULA. In R.L. Kane & T.D. Parsons (Eds.), *The role of technology in clinical neuropsychology* (pp. 103-142). Oxford University Press.
- Díaz-Orueta, U., Iriarte, Y., Climent, G., & Banterla, F. (2012). AULA: An ecological virtual reality test with distractors for evaluating attention in children and adolescents. *Virtual Reality and Scientific Visualization Journal*, 5(2), 1-20.
- García Ruiz, P.J., & Sánchez Bernardos, V. (2008). Evaluation of ActiTrac (ambulatory activity monitor) in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 270(1-2), 67-69. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2008.02.002>
- Germine, L., Reinecke, K., & Chaytor, N.S. (2019). Digital neuropsychology: Challenges and opportunities at the intersection of science and software. *Clinical Neuropsychologist*, 33(2), 271-286. <https://doi.org/10.1080/13854046.2018.1535662>
- Habekost, T. (2015). Clinical TVA-based studies: A general review. *Frontiers in Psychology*, 6, Article 290. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00290>
- Huygelier, H., Schraepen, B., Van Ee, R., Vanden Abeele, V., & Gillebert, C.R. (2019). Acceptance of immersive head-mounted virtual reality in older adults. *Scientific Reports*, 9, Article 4519. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41200->

- Iriarte, Y., Diaz-Orueta, U., Cueto, E., Irazustabarrena, P., Banterla, F., & Climent, G. (2016). AULA – Advanced virtual reality tool for the assessment of attention: Normative study in Spain. *Journal of Attention Disorders*, 20(6), 542-568. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1177/1087054712465335>
- Jones, J.D., Burroughs, M., Apodaca, M., & Bunch, J. (2020). Greater intra-individual variability in neuropsychological performance predicts cognitive impairment in de novo Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 34(1), 24-30. <https://doi.org/10.1037/neu0000577>
- Kannarkat, J.T., Smith, N.N., & McLeod-Bryant, S.A. (2020). Mobilization of telepsychiatry in response to COVID-19: Moving toward 21st century access to care. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Research*, 47(4), 489-491. <https://doi.org/10.1007/s10488-020-01044-z>
- Kessels, R.P.C. (2019). Improving precision in neuropsychological assessment: Bridging the gap between classic paper-and-pencil tests and paradigms from cognitive neuroscience. *The Clinical Neuropsychologist*, 33(2), 357-368. <https://doi.org/10.1080/13854046.2018.1518489>
- Miller, J.B., & Barr, W.B. (2017). The technology crisis in neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 32(5), 541-554. <https://doi.org/10.1093/arclin/acx050>
- Rabin, L.A., Spadaccini, A.T., Brodale, D.L., Grant, K.S., Elbulok-Charcape, M.M., & Barr, W.B. (2014). Utilization rates of computerized tests and test batteries among clinical neuropsychologists in the United States and Canada. *Professional Psychology: Research and Practice*, 45(5), 368-377. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0037987>
- Singh, S., & Germine, L. (2021). Technology meets tradition: A hybrid model for implementing digital tools in neuropsychology. *International Review of Psychiatry*, 33(4), 382-393. <https://doi.org/10.1080/09540261.2020.1835839>
- Sprij, L.A., Braaksma, S.W., Sluiter, D., Verheul, F.J.M., Visser-Meily, J.M.A., & Nijboer, T.C.W. (2017). Virtual Reality als potentiële aanvulling op de huidige neuropsychologische diagnostiek. *Tijdschrift voor Neuropsychologie*, 12(2), 73-96. <https://www.kcrutrecht.nl/wp-content/uploads/2018/09/Sprij.-Braaksma-et-al-VR-als-aanvulling.pdf>
- Vandendriessche, K., Steenberghe, E., Matheve, A., Georges, A., & De Marex, L. (z.j.). *Imec.digimeter 2020: digitale trends in Vlaanderen*. Imec Vlaanderen. <https://www.imec.be/sites/default/files/inline-files/DIGIMETER2020.pdf>
- Wang, T., & Gillebert, C.R. (2018). TVA-based assessment of visual attention using line-drawings of fruits and vegetables. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 207. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpsyg.2018.00207>
- Wang, T., Thielen, H., De Preter, E., Vangkilde, S., & Gillebert, C.R. (2021). Encouraging digital technology in neuropsychology: The theory of visual attention on tablet devices. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 36(8), 1450-1464. <https://doi.org/10.1093/arclin/acab007>

Personalia

Prof. dr. Céline Gillebert is klinisch neuropsycholoog, hoofddocent aan de onderzoekseenheid Brein en Cognitie van de KU Leuven, en lid van de stuurgroep van het Translational Centre for Psychological Research (TRACE), een joint venture tussen de faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen van KU Leuven en het Ziekenhuis Oost-Limburg (ZOL).

E-mail: celine.gillebert@kuleuven.be

Hella Thielen is klinisch neuropsycholoog en doctoranda aan de onderzoekseenheid Brein en Cognitie van de KU Leuven. Ze is lid van de divisie Psychodiagnostiek van de Vlaamse Vereniging van Klinisch Psychologen.

Verantwoording

Geen strijdige belangen meegeedeeld.