

The neuropsychometrics of aging : normative studies in the Maastricht Aging Study

Citation for published version (APA):

van der Elst, W. (2006). *The neuropsychometrics of aging : normative studies in the Maastricht Aging Study*. NeuroPsych Publishers. <https://doi.org/10.26481/dis.20061012we>

Document status and date:

Published: 01/01/2006

DOI:

[10.26481/dis.20061012we](https://doi.org/10.26481/dis.20061012we)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary

The number of older people in Western societies increases rapidly. Consequently, it is important to gain more insight in the process of aging. The present thesis focussed on the cognitive aspects of normal aging, from a theoretical and an applied viewpoint. The relevance and relative contribution of age and age-extrinsic factors on inter-individual differences in performance on cognitive tests was formally modelled, as well as the contribution of these factors on the changes in cognitive performance over time. These formal models increase the insight in the patterns, onset, and magnitude of age-related differences and changes in cognitive abilities. An applied aim of the present thesis was to establish the normal range of performance for six neuropsychological tests that measure cognitive abilities that are typically assessed in most neuropsychological examinations. Such norms are a fundamental tool for clinicians and researchers, because they refer to normative data whenever they evaluate the cognitive abilities of an individual or a patient, for example when evaluating cognitive impairment in people who are suspected of conditions such as dementia.

In Chapter 1, the aims and approach of this thesis are described in more detail. Existing knowledge on cognitive aging is reviewed, and background information regarding neuropsychological assessment, neuro-psychometrics, and the Maastricht Aging Study (MAAS) is provided.

In Chapter 2, the effect of age, gender, and level of education on performance on the Stroop Color Word Test (SCWT) was evaluated, and the normal range of performance was established. The SCWT measures executive functioning and related concepts such as attention. The analyses were based on a MAAS sample of 1,856 healthy participants aged between 24 and 81. Multiple regression analyses showed that the speed-dependent SCWT scores were profoundly affected by the demographic variables, rather than the accuracy measures (i.e. errors). The age-related decline in executive functions was suggested to be more pronounced for lower educated people as compared to their higher educated counterparts, a result that is in line with the cognitive reserve theory. Traditional and regression-based normative data were provided. A comparison between both methods suggested that the regression-based normative method is superior to the traditional method, although the latter approach is the most frequently used normative method until now.

Chapter 3 describes the results of a study that evaluated the effects of age and age-extrinsic variables on the performance on the Verbal Learning Test of Rey (VLT). The VLT is one of the most commonly used neuropsychological tests for declarative memory. The words to be learned were presented auditorily or visually in MAAS. The effect of mode of presentation on test performance was evaluated in addition to the effects of the demographical variables because previous research suggested that auditorily presented material is recalled better

than visual material on short-term memory tasks (the “modality effect”). The VLT scores of a sample of 1,855 healthy participants aged between 24 and 81 from the MAAS study were regressed on mode of presentation, age, gender, and level of education. The results showed that VLT performance decreased from an early age, and that females and higher educated people performed better than males and lower educated people. The effect of presentation mode on VLT performance was mixed. The pattern of results suggested that auditory presentation was associated with better performance on VLT trials that depend on short-term memory processes, whilst visual presentation was associated with a better performance of tasks that depend on long-term memory processes or tasks that depend on a mixture of short-term and long-term memory processes. Regression-based VLT norms were provided, corrected for the relevant independent variables.

The aim of Chapter 4 was to determine whether age, gender, and level of education affected performance on semantic and phonemic Verbal Fluency Tests (VFTs). The Animal, Profession, and Letter *M* naming VFTs were administered to a sample of 1,856 people who were aged between 24 and 81 years. Regression analyses showed that age affected performance on all VFTs profoundly, but that the age-effect was not uniform. For the Profession and the Letter *M* naming VFTs, performance remained quite stable in young adulthood but declined strongly after age 50. In the Animal naming VFT on the other hand, performance declined linearly, starting early in life. Gender only affected the performance on the Profession naming VFT, and Education was found to affect the performance on all VFTs profoundly. Regression-based norms were provided, appropriately corrected for the relevant demographical variables.

In Chapter 5, the Concept Shifting Test (CST) was described. The CST is a modification of the well-known Trail Making Test (TMT). The CST was especially developed to avoid certain problems with the TMT that hamper specificity of the executive function measure. A total sample of 1,856 participants aged between 24 and 81 did the CST in MAAS. Based on this sample, the influence of age, gender, level of education and handedness on CST performance was determined by using multiple linear and (binary) logistic regression analyses. The results showed that CST performance was superior in women, decreased with age, and increased with level of education. Normative data that are corrected for the influences of these demographical variables were established using a regression-based normative approach.

Chapter 6 presented a paper-and-pencil version of Sternberg’s Memory Scanning Test (P&P MST). This new test was especially developed for use in the clinic, because the original Sternberg task is difficult to use in a clinical environment. For example, the administration time of the original MST is long and the test is too difficult for old people or people with cognitive disorders. As is the case for the MST, the P&P MST is used to measure memory scanning and non-memory functions in working memory. A total sample of 1,839 people aged between 24 and 81 were administered the P&P MST. Age and education

affected all components of information processing in working memory. Gender only affected the speed of memory scanning. The results suggested that younger females (aged below 55) scanned working memory faster than males, and vice versa for older people (aged above 55). Normative data were provided for the non-memory processing and the memory scanning P&P MST scores, stratified by the relevant independent variables.

Chapter 7 evaluated the influence of demographical variables on performance on the written and oral versions of the Letter Digit Substitution Test (LDST). This test is an adaptation of the procedurally identical Digit Symbol Substitution Test. The LDST provides a general measure of speed of information processing. The written and oral versions of the LDST were administered to a sample of 1,858 adults aged 24 to 81 years in MAAS. Age, gender, and level of education affected LDST performance profoundly. Regression-based normative data were prepared for both the written and oral versions of the LDST.

In Chapter 8, the influence of demographical variables on the change in performance after three years in the visual version of the VLT, the SCWT and the LDST was evaluated. A large sample of people aged between 49 and 81 at baseline were tested twice with a test-retest interval of 3 years. The change scores were regressed on age, gender, and level of education. Test-retest changes differed as a function of age and/or gender for the SCWT Interference, VLT Total recall 1-3, VLT Delayed recall, and LDST measures, but were identical across subgroups for the VLT Immediate recall measure. The results also suggested that the age-related decline in executive functioning after three years was more pronounced for males than for females. The normal range of change in performance was established, with appropriate corrections for the relevant independent variables.

In Chapter 9, concluding remarks are presented about 1) cognitive reserve and aging, 2) regression-based versus traditional normative procedures, 3) viable independent variables in normative research, and 4) ecological validity and neuropsychological assessment. Finally, some suggestions for improving the methods and approaches of neuropsychological assessment in the future are given. On the basis of the results that were presented in this thesis, it can be concluded that age negatively influences most, if not all, fluid cognitive abilities. For most cognitive measures, linear as well as quadratic age-effects were observed. It was also shown that factors such as gender and education should be taken into account when inter-individual differences in cognitive abilities are evaluated or studied. The influence of the various demographical variables on cognitive functioning was shown to differ across cognitive domains. Formal modeling by using multiple linear regression analysis (or logistic regression analysis) provides an elegant approach to evaluate the relevance and relative contribution of multiple independent variables on inter-individual differences in cognition and on change in cognition over time. When it comes to establishing the normal range of performance on (neuro)psychological tests, the traditional

normative method should be abandoned in favor of the regression-based method. Indeed, in contrast to the traditional normative method, the regression-based approach (i) provides more accurate estimates of the population parameters, (ii) avoids the problem of unbalanced data in normative samples, (iii) can handle continuous, categorical and dummy variables as predictors of test performance, (iv) allows for correcting the norms for a large number of independent variables, and (v) provides a general framework for establishing norms that applies to various situations. The regression-based norms that were established in the present thesis provide an important tool for many neuropsychologists and researchers in the Netherlands and abroad.

Samenvatting

Het aantal ouderen in de Westerse samenleving stijgt snel. Het is daarom van belang om een goed inzicht te verwerven in het verouderingsproces. Dit proefschrift focust vanuit een theoretisch en toegepast perspectief op de cognitieve aspecten van de normale veroudering. De relevantie en relatieve bijdrage van leeftijd en leeftijdsextrinsieke factoren op inter-individuele variatie in de prestatie op cognitieve taken werd formeel statistisch gemodelleerd, alsook de bijdrage van deze variabelen aan de verandering in cognitieve prestaties die optreden als functie van tijd. Zulke formele modellen hebben tot doel het inzicht in de patronen, aanvang en grootte van leeftijdsgerelateerde verschillen en veranderingen in cognitieve functies te vergroten. Een toegepast doel van dit proefschrift was om de normale variabiliteit in prestatie op zes neuropsychologische taken te bepalen. Normen voor zulke taken vormen een fundamenteel werkinstrument voor klinici en onderzoekers die het cognitief functioneren van een persoon evalueren, bijvoorbeeld in het kader van het diagnosticeren van aandoeningen zoals dementie.

In Hoofdstuk 1 werden de doelen en onderzoeksmethoden die in dit proefschrift werden aangewend meer gedetailleerd beschreven. Reeds bestaande kennis over de cognitieve veroudering werd samengevat, en achtergrond informatie over neuropsychologische assessment, neuro-psychometrie, en de Maastricht Aging Study (MAAS) werd gegeven.

In Hoofdstuk 2 werd het effect van leeftijd, geslacht, en opleidingsniveau op de prestatie op de Stroop Color Word Test (SCWT) nagegaan, en werd de normale spreiding van de testcores bepaald. De SCWT meet executief functioneren en daaraan gerelateerde concepten zoals aandachtsfuncties. De statistische analyses waren gebaseerd op een MAAS steekproef van 1,856 gezonde proefpersonen die tussen 24 en 81 jaar oud waren. Multiple regressie analyse toonde aan dat snelheidsafhankelijke SCWT scores in belangrijke mate werden beïnvloed door demografische variabelen, terwijl dit minder het geval was voor maten van nauwkeurigheid (i.c. fouten). De leeftijdsgerelateerde achteruitgang in executief functioneren was meer uitgesproken voor laag opgeleide mensen dan voor hoogopgeleiden, een resultaat dat in de lijn ligt van de ‘cognitive reserve theory’. Traditionele en regressie-gebaseerde normen werden geconstrueerd. Een vergelijking tussen beide methoden suggereerde dat de regressie-gebaseerde methode superieur is aan de traditionele methode, hoewel de traditionele methode de meest gebruikte normatieve procedure is.

Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van een studie die naging in welke mate leeftijd en leeftijdsextrinsieke variabelen de prestatie op de Verbal Learning Test van Rey (VLT) beïnvloedden. De VLT is één van de meest gebruikte taken om het declaratief geheugen te meten. De leerwoorden werden zowel auditief als visueel aangeboden in MAAS. Samen met de demografische variabelen

werd de invloed van presentatiemodus op testprestatie nagegaan omdat vorig onderzoek suggereerde dat auditief aangeboden materiaal beter wordt onthouden dan visueel aangeboden materiaal, tenminste op korte termijn (het zogenaamde ‘modaliteitseffect’). De VLT scores van een steekproef van 1,855 mensen die tussen 24 en 81 jaar oud waren werden geregresseerd op presentatiemodus, leeftijd, geslacht en opleidingsniveau. De resultaten toonden dat de VLT prestatie reeds afneemt vanaf de jong-volwassenheid, en dat vrouwen en hoogopgeleiden beter presteerden dan mannen en laagopgeleiden. Het effect van presentatiemodus was niet eenduidig. Auditieve presentatie was geassocieerd met een betere prestatie op de VLT trials die steunen op het korte-termijn geheugen, terwijl visuele aanbieding resulteerde in een betere prestatie bij trials die steunen op het lange-termijn geheugen of trials die steunen op een mix van korte en lange-termijn geheugen. Regressie-gebaseerde VLT normen werden geconstrueerd, met correctie voor de relevante onafhankelijke variabelen.

Het doel van Hoofdstuk 4 was te bepalen of leeftijd, geslacht en opleidingsniveau de prestatie op semantische en fonetische Verbal Fluency Tests (VFTs) beïnvloedden. Verschillende VFTs (categorieën Beroepen, Dieren, Letter M) werden afgenomen bij een steekproef van 1,856 mensen. Regressie analyse suggereerde dat leeftijd de prestatie op alle VFTs beïnvloedde, maar dat het leeftijdseffect niet eenduidig was. Voor de Beroepen en Letter M VFTs bleef de testprestatie stabiel tot ongeveer 50 jaar, waarna deze snel achteruitging. Voor de Dier VFT daarentegen verminderde de testprestatie reeds vanaf de jonge volwassenheid. Opleiding had een sterk effect op de prestatie op alle VFTs. Geslachtseffecten werden enkel gevonden voor de Beroepen VFT, waarbij mannen beter presteerden dan vrouwen.

In Hoofdstuk 5 werd de Concept Shifting Test (CST) beschreven. De CST is een aanpassing van de Trail Making Test (TMT). De CST werd ontwikkeld om bepaalde problemen die optreden met de TMT te vermijden. Ten gevolge van bepaalde eigenaardigheden in de lay-out van de TMT is de specificiteit van de maat voor executief functioneren die kan worden afgeleid van deze test niet optimaal. De CST werd afgenomen bij een steekproef van 1,856 personen die tussen 24 en 81 jaar oud waren. Op basis van deze steekproef werd bepaald in welke mate de CST prestatie werd beïnvloed door leeftijd, geslacht, opleidingsniveau en handvoorkeur. Zowel multiple lineaire als (binaire) logistische regressie analyse werd gebruikt om de gegevens te analyseren. De CST prestatie was beter voor vrouwen, daalde als functie van leeftijd, en steeg als functie van opleidingsniveau. Normatieve data die rekening houden met de invloed van deze variabelen werden geconstrueerd met een regressie-gebaseerde normatieve procedure.

In Hoofdstuk 6 werd een papier-en-potlood versie van Sternberg’s Memory Scanning Test (P&P MST) beschreven. Het oorspronkelijke Sternberg paradigma is moeilijk te gebruiken in een klinische omgeving, ondermeer omdat de afname van de originele taak veel tijd kost en de taak te moeilijk is voor ouderen en mensen met cognitieve stoornissen (bvb. dementie). De P&P MST heeft

deze nadelen niet, en is daarom erg geschikt voor gebruik in de klinische praktijk. De P&P MST wordt gebruikt om de snelheid van geheugenscanning en niet-geheugen gerelateerde processen in het werkgeheugen te meten. De P&P MST scores van een steekproef van 1,839 mensen werden geregresseerd op leeftijd, geslacht en opleiding. De resultaten suggereerden dat de snelheid van alle componenten van informatieverwerking in het werkgeheugen van ouderen en laagopgeleiden lager lag dan bij jongeren en hoogopgeleiden. Jongere vrouwen (jonger dan 55) scanden het werkgeheugen sneller dan mannen, maar deze relatie was omgekeerd voor ouderen (ouder dan 55). Normatieve data werden geconstrueerd voor de maten die de snelheid van geheugenscanning en niet-geheugen gerelateerde processen in het werkgeheugen kwantificeren, gestratificeerd naar de relevante onafhankelijke variabelen.

In Hoofdstuk 7 werd de invloed van demografische variabelen op de prestatie op de schriftelijke en mondelinge versies van de Letter Digit Substitution Test (LDST) geëvolueerd. Deze taak is procedureel identiek aan de Digit Symbol Substitution Test. De LDST meet algemene snelheid van informatieverwerking. De schriftelijke en mondelinge versies van de LDST werden afgenomen bij een steekproef van 1,858 volwassenen die tussen 24 en 81 jaar oud waren. Ouderen, mannen en laagopgeleiden presteerden slechter op zowel de schriftelijke als de mondelinge versies van de LDST dan jongeren, vrouwen en hoogopgeleiden. Regressie-gebaseerde normatieve data werden geconstrueerd voor de schriftelijke en mondelinge versies van de LDST.

In Hoofdstuk 8 werd nagegaan in welke mate demografische variabelen de verandering in prestatie na drie jaar in de visuele versie van de VLT, de SCWT en de LDST beïnvloeden. Een grote steekproef mensen die bij baseline tussen 49 en 81 jaar oud waren werd na drie jaar opnieuw getest. De veranderingsscores werden geregresseerd op leeftijd, geslacht en opleidingsniveau. Significante effecten van leeftijd en geslacht werden gevonden voor de SCWT Interferentie, VLT totale herinnering 1-3, VLT uitgestelde herinnering en LDST scores, maar niet voor de VLT onmiddellijke herinneringsscore. De resultaten suggereerden dat de leeftijdsgerelateerde achteruitgang in executief functioneren na drie jaar meer uitgesproken was voor mannen in vergelijking met vrouwen. De normale variabiliteit in de verandering in de test scores werd vastgesteld, met correctie voor de relevante onafhankelijke variabelen.

Hoofdstuk 9 geeft enkele concluderende beschouwingen over 1) cognitieve reserve en leeftijd, 2) regressie-gebaseerde versus traditionele normatieve procedures, 3) geschikte onafhankelijke variabelen in normatief onderzoek, en 4) ecologische validiteit en neuropsychologische assessment. Tot slot worden enkele suggesties gegeven om de methoden en aanpak van neuropsychologische assessment in de toekomst te verbeteren. Op basis van de resultaten die werden gepresenteerd in dit proefschrift, kan worden geconcludeerd dat leeftijd een negatieve invloed heeft op de meeste, zometer alle, 'fluid' cognitieve functies. Bij de meeste cognitieve maten werden zowel lineaire als kwadratische leeftijdseffecten geobserveerd. Er werd ook aangetoond dat variabelen zoals geslacht en

opleiding dienen worden in rekening gebracht bij de evaluatie van inter-individuele verschillen in cognitieve functies. De invloed van deze demografische variabelen verschilde voor de diverse cognitieve domeinen. Formele modellering met multiple lineaire regressie analyse (of logistische regressie analyse) voorziet in een elegante aanpak om de relevantie en relatieve bijdrage van meerdere onafhankelijke variabelen op inter-individuele verschillen in cognitie en verandering in cognitieve functies over de tijd te bepalen. Met betrekking tot het bepalen van de normale range van prestatie op neuropsychologische taken zou de traditionele aanpak moeten worden opgegeven en vervangen worden door de regressie-gebaseerde aanpak. In tegenstelling tot de traditionele normeringsaanpak heeft de regressie-gebaseerde aanpak als voordeel (i) dat de populatieparameters accurater kunnen worden geschat, (ii) dat het probleem van niet-gebalanceerde data in de steekproef wordt vermeden, (iii) dat zowel continue, categoriale en dummy variabelen kunnen dienen als predictor van test prestatie, en (iv) dat een algemene aanpak wordt gegeven voor het construeren van normen die van toepassing is in vele situaties. De regressie-gebaseerde normen die werden geconstrueerd in dit proefschrift leveren een belangrijk werkinstrument voor vele neuropsychologen in Nederland en daarbuiten.