

# Fiche descriptive de test

Alexandre St-Hilaire,  
Carol Hudon,  
Joël Macoir

## Test de fluence verbale



### Historique

Une première version du test de fluence verbale a été élaborée par Thurstone et al. (1938), en modalité écrite. Afin de simplifier l'administration du test en limitant l'impact des habiletés motrices et d'épellation, Benton et al. (1967) ont développé le même type de tâche, mais en modalité orale, menant aux premières normes de fluence verbale phonologique (Borkowski, Benton and Spreen; 1967). Des normes ont été créées plus tard pour la fluence verbale sémantique (catégories) (Isaacs & Kennie, 1973).

### Objectifs et description du test

L'objectif général du test de fluence verbale est de vérifier la capacité des sujets à accéder à leur répertoire lexical en générant le plus de mots possible en un temps donné. Les deux types de fluence verbale les plus souvent utilisés sont la fluence verbale phonologique (aussi appelée fluence verbale orthographique) et sémantique. La fluence verbale phonologique requiert de générer le plus de mots possible débutant par une lettre donnée, alors que la fluence verbale sémantique demande au sujet de fournir des mots appartenant à une catégorie sémantique donnée. Les deux conditions font appel aux fonctions exécutives (Henry, Crawford, & Phillips, 2004). La fluence verbale phonologique permet d'accéder au répertoire lexical et donc, de générer un plus grand nombre de mots si une stratégie lexicale est déployée (p.ex., nommer des mots débutant par «pa», puis «pe», «pi», etc.). La fluence verbale sémantique est normale-

ment plus facile puisque la catégorie fait office de stratégie et vient délimiter la recherche dans le répertoire lexical, en autant que les représentations sémantiques soient préservées. Ces deux types de fluence verbale sont sous-tendus par des régions cérébrales distinctes (Birn et al., 2010; Costafreda et al., 2006) et s'avèrent utiles au diagnostic différentiel dans certaines conditions touchant les enfants, les adultes ou les personnes âgées.

En effet, plusieurs études ont montré que la fluence verbale sémantique est souvent désavantagée par rapport à la fluence verbale phonologique, tout particulièrement chez les personnes présentant la maladie d'Alzheimer (Henry et al., 2004), un trouble cognitif léger amnésique (Lonie et al., 2009; Teng et al., 2013), la variante sémantique de l'aphasie primaire progressive (Laisney et al., 2009), de même que chez les adolescents et les jeunes adultes présentant une schizophrénie (Henry & Crawford, 2005a; Szoke et al., 2008; Tyburski et al., 2015) ou étant à haut risque de développer un trouble psychotique (Magaud et al., 2010). Dans d'autres conditions psychiatriques et neurologiques, les deux types de fluences sont affaiblies dans des proportions similaires, soit la dépression (Henry & Crawford, 2005b), le trouble obsessionnel-compulsif (Henry, 2006), la sclérose en plaques (Henry & Beatty, 2006), et la maladie de Huntington (Henry, Crawford, & Phillips, 2005), alors que dans certains cas de traumatisme crâniocérébral modéré à sévère, la fluence verbale phonologique

pourrait être désavantagée par rapport à la condition sémantique (Cralidis & Lundgren, 2014).

Outre les données socio-démographiques, la performance en fluence verbale peut être influencée par bon nombre de facteurs, soit la vitesse de traitement de l'information (Elgamal, Roy, & Sharratt, 2011; Paula, Costa, Bertola, Miranda, & Malloy-Diniz, 2013; Stolwyk, Bannirchelvam, Kraan, & Simpson, 2015), les fonctions exécutives (Bolla, Lindgren, Bonaccorsy, & Bleecker, 1990; Paula et al., 2013), la mémoire de travail (Shao, Janse, Visser, & Meyer, 2014; Stolwyk et al., 2015), l'intelligence verbale et la créativité (Bolla et al., 1990; Hendrawan, 2013; Stolwyk et al., 2015) et même la santé physique (Bergman & Almkvist, 2015).

### Matériel

Seuls un chronomètre (pour mesurer le temps alloué à la tâche) et une feuille de papier (pour noter les mots générés pas le sujet pour chaque lettre ou catégorie) sont nécessaires pour administrer ce test.

### Mode de passation

La durée d'administration du test est habituellement de 60 secondes par lettre et par catégorie, mais des versions de 90 secondes et 120 secondes existent également. Dans le cas des normes franco-québécoises de St-Hilaire et al. (2016), 60 secondes sont allouées pour chaque lettre et catégorie. La fluence verbale phonologique est exécutée en premier, suivie immédiatement par la fluence verbale sémantique. Il est demandé au sujet de générer le plus de mots possible

### Références

- Acevedo, A., Loewenstein, D. A., Barker, W. W., Harwood, D. G., Luis, C., Bravo, M., . . . Duara, R.** (2000). Category fluency test: normative data for English- and Spanish-speaking elderly. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 760-769. doi:10.1017/S1355617700677032
- Béland, R., & Lecours, A. R.** (1990). The MT-86  $\beta$  aphasia battery: A subset of normative data in relation to age and level of school education. *Aphasiology*, 4, 439-462. doi:10.1080/02687039008248786
- Belleville, S., Fouquet, C., Duchesne, S., Collins, D. L., & Hudon, C.** (2014). Detecting early preclinical Alzheimer's disease via cognition, neuropsychiatry, and neuroimaging: Qualitative review and recommendations for testing. *Journal of Alzheimer's disease*, 42, S375-382. doi:10.3233/jad-141470
- Benton, A. L.** (1967). Problems of test construction in the field of aphasia. *Cortex*, 3, 32-58
- Bergman, I., & Almkvist, O.** (2015). Neuropsychological test norms controlled for physical health: Does it matter? *Scandinavian Journal of Psychology*, 56, 140-150. doi:10.1111/sjop.12170
- Bird, C. M., Papadopoulou, K., Ricciardelli, P., Rossor, M., & Cipolotti, L.** (2004). Monitoring cognitive changes: Psychometric properties of six cognitive tests. *British Journal of Clinical Psychology*, 43, 197-210. doi:10.1348/014466504323088051

qui commencent par une lettre donnée, aussi vite que possible. En ce qui a trait à la fluence verbale sémantique, il est demandé au sujet de dire le plus de noms d'animaux (ou autre catégorie), peu importe la lettre par laquelle ils commencent, aussi vite que possible. Tous les mots générés par le sujet sont notés sur la feuille de papier, de même que les répétitions et les intrusions.

## Cotation

La performance correspond au nombre de mots générés pour chaque condition. Il existe plusieurs systèmes de cotation pour délimiter les balises des mots acceptés et rejetés qui diffèrent selon les études normatives. Les règles pour la fluence verbale phonologique sont en général l'exclusion des mots faisant référence aux noms propres (p.ex., noms de personnes, de lieux, etc.) et les mots dérivés référant à un concept similaire dont seule la fin est différente (p.ex., sérieux et sérieusement; un seul mot accepté). Les règles varient également en ce qui concerne la fluence verbale sémantique selon les normes utilisées.

Pour les normes de St-Hilaire et al. (2016), les critères suivants sont appliqués : les participants peuvent produire des mots ayant la même racine, à condition qu'ils se réfèrent à des concepts distincts tels que «table», «tablette», «tableau» (mais des mots tels «neige» et «neiger» n'obtiendraient qu'un seul point parce qu'ils ne font pas référence à des concepts distincts). Les anglicismes sont aussi acceptés (à savoir, les mots qui sont couramment empruntés à l'anglais comme «toaster», «peanut» et «popcorn»). Les erreurs de perte de but sont définies comme suit: (1) les noms propres (personne, lieu, entreprise, fête, planète); (2) les dérivations morphologiques

d'un verbe (p.ex., «prendre» et «pris»), d'un nom (p.ex., «prince» et «princesse»), ou d'un adjectif (p.ex., «petit» et «petite») précédemment produits dans une même condition; (3) les non-mots; (4) les mots ne commençant pas par la lettre cible. Dans le cas des homophones (c-à-d., les mots avec prononciations similaires) comme «porc» et «port», la deuxième réponse est notée comme une erreur de répétition à moins que le participant produise spontanément la signification ou épelle les deux mots.

En ce qui concerne la fluence verbale sémantique, le nom de la femelle et des petits d'un animal sont acceptés, en autant qu'ils soient exprimés avec des noms complètement différents (p.ex., «taureau», «vache», «veau» sont tous acceptés, mais un seul point est accordé pour la triade «lion», «lionne», «lionceau», car les dérivations morphologiques ne sont pas acceptées). Les noms de sous-catégories sont acceptés (p.ex., «oiseau», «poisson», «insecte»). Cependant, si le participant produit le nom d'une sous-catégorie puis des items qui lui appartiennent, seuls ces items sont crédités d'un point (p.ex., «insecte», «libellule», «coccinelle» ; 2 points) afin que la performance ne soit pas bonifiée de façon artificielle. Enfin, si le participant produit des non-mots ou des non-animaux, ceux-ci sont notés comme des erreurs de perte de but.

## Interprétation

Une performance moindre en fluence verbale sémantique qu'en fluence phonologique pourrait s'expliquer soit par une dégradation ou un accès limité au stock sémantique ou encore par de faibles associations entre les concepts d'une même catégorie rendant difficile l'activation

(récupération) d'un plus grand nombre de mots (Henry et al., 2004; Tyburski, et al., 2015). Une performance moindre en fluence verbale phonologique qu'en fluence sémantique s'explique bien souvent par un faible niveau de littéracie (Johnson-Selfridge, Zalewski, & Aboudarham, 1998) ou par une difficulté à déployer des stratégies efficaces pour organiser la recherche en répertoire lexical, celles-ci étant soutenues par les fonctions exécutives (Cralidis & Lundgren, 2014 ; Henry & Crawford, 2005b). Un affaiblissement généralisé des deux conditions est davantage multifactoriel. Dans un tel cas, la possibilité d'un ralentissement de la vitesse de traitement de l'information ou d'un affaiblissement plus important des fonctions exécutives peut cependant être suspectée (Henry & Crawford, 2005b).

## Études de validation et qualités psychométriques

Les coefficients de fidélité test-retest ont été rapportés pour les triades de lettres FAS et CFL (Lezak et al., 2012; Strauss, Sherman, & Spreen, 2006, pour une revue de la littérature) et pour la fluence verbale sémantique (Bird, Papadopoulou, Ricciardelli, Rossor, & Cipolotti, 2004; Clark et al., 2009). Dans l'étude québécoise de St-Hilaire et al. (2016), la fidélité test-retest sur un an pour la triade TNP est de 0,79 alors qu'elle est de 0,71 pour la fluence verbale sémantique (animaux), chez les personnes cognitivement saines âgées de 50 ans et plus. Chez les sujets atteints de la maladie d'Alzheimer, la fidélité test-retest demeure élevée pour TNP (0,74), mais chute considérablement pour la fluence sémantique (0,49), laissant croire à une détérioration ou à une difficulté d'accès au stock sémantique. Le coefficient de fidélité inter-juges a

## Références (suite)

**Birn, R. M., Kenworthy, L., Case, L., Caravella, R., Jones, T. B., Bandettini, P. A., & Martin, A.** (2010). Neural systems supporting lexical search guided by letter and semantic category cues: A self-paced overt response fMRI study of verbal fluency. *NeuroImage*, 49, 1099-1107. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.07.036

**Bolla, K. I., Lindgren, K. N., Bonaccorsy, C., & Bleecker, M. L.** (1990). Predictors of verbal fluency (FAS) in the healthy elderly. *Journal of Clinical Psychology*, 46, 623-628. doi:10.1002/1097-4679(199009)46:5<623::AID-JCLP2270460513>3.0.CO;2-C

**Borkowski, J. G., Benton, A. L., & Spreen, O.** (1967). Word fluency and brain damage. *Neuropsychologia*, 5, 135-140. doi:10.1016/0028-3932(67)90015-2

**Canadian Study of Health and Aging Working Group.** (1994). Canadian Study of Health and Aging: study methods and prevalence of dementia. *Canadian Medical Association Journal*, 150, 899-913.

**Costafreda, S. G., Fu, C. H., Lee, L., Everitt, B., Brammer, M. J., & David, A. S.** (2006). A systematic review and quantitative appraisal of fMRI studies of verbal fluency: Role of the left inferior frontal gyrus. *Human Brain Mapping*, 27, 799-810. doi:10.1002/hbm.20221

**Cralidis, A., & Lundgren, K.** (2014). Component analysis of verbal fluency performance in younger participants with moderate-to-severe traumatic brain injury. *Brain Injury*, 28, 456-464. doi:10.3109/02699052.2014.896945

été établi pour la triade CFL uniquement pour lequel il est très élevé (0,99 ; Ross, 2003).

Dans l'étude de St-Hilaire et al. (2016), la validité prédictive de la fluence verbale sémantique pour départager les sujets sains de ceux présentant la maladie d'Alzheimer est présentée pour des scores Z de -1,00, -1,50, 1,65 et -2,00.

Les corrélations entre les performances obtenues avec les différentes triades de lettres sont généralement plus élevées que les corrélations entre les performances obtenues pour chaque catégorie (Strauss, Sherman, & Spreen, 2006, pour une revue de la littérature). Ces résultats laissent supposer que le choix des triades de lettres a un moins grand impact sur la performance des sujets que la catégorie choisie, la catégorie animaux favorisant la génération d'un plus grand nombre de mots que les fruits ou les légumes (Acevado et al., 2000).

## Études normatives

Quatre études normatives ont été menées auprès d'un échantillon de Québécois pour le test de fluence verbale (Béland & Lecours, 1990; Canadian Study of Health and Aging Working Group, 1994; Fontaine & Joubert, 2010; St-Hilaire et al., 2016). Cependant, les trois premières sont établies sur des échantillons relativement petits et sont uniquement présentés sous forme de moyennes et d'écart-types, limitant ainsi l'interprétation des résultats, notamment en présence de données extrêmes.

Plus récemment, des normes pour la population adulte franco-québécoise ont été établies pour les triades TNP et PFL, la lettre P seule, et les animaux (St-Hilaire et al., 2016). L'échantillon était composé de 932 personnes non institutionnalisées âgées entre 19

et 91 ans. Ces données normatives sont présentées sous forme de formules de régressions dans lesquelles sont contrôlés les effets de l'âge et de la scolarité. Un score de contraste peut également être calculé entre les triades et la catégorie des animaux, afin de vérifier si la différence de performance standardisée entre les deux conditions est significative, ce qui pourrait orienter le diagnostic différentiel. Afin de s'assurer de la validité des normes produites, la performance des sujets sains a été comparée à celle de sujets présentant la maladie d'Alzheimer ou une dépression.

## Avantages et limites

En plus d'être simple, rapide à administrer et de constituer une mesure indirecte des fonctions exécutives ou de la mémoire sémantique, les résultats au test de fluence verbale fournissent plusieurs pistes diagnostiques, notamment dans l'identification d'un processus neurodégénératif et ce, d'autant plus lorsque le test de fluence est administré conjointement à un test de mémoire épisodique (Belleville, Fouquet, Duchesne, Collins, & Hudon, 2014). Toutefois, un faible rendement aux deux conditions du test n'a pas de signification précise quant à l'origine des difficultés puisqu'il implique de multiples fonctions cognitives.

## Références (suite)

- Elgamal, S. A., Roy, E. A., & Sharratt, M. T.** (2011). Age and verbal fluency: The mediating effect of speed of processing. *Canadian Geriatrics Journal*, 14, 66-72. doi:10.5770/cgj.v14i3.17
- Fontaine, F., & Joubert, S.** (2010). *Fluence formelle et sémantique : Données normatives pour une population francophone âgée vivant au Québec depuis au moins 40 ans*. [Formal and semantic fluency: normative data for French-speaking seniors living in Quebec for at least 40 years]. Montréal: Institut universitaire de gériatrie de Montréal, Centre de recherche. Retrieved from [http://www.criugm.qc.ca/outilscliniques/fiche.html?f\\_num=69](http://www.criugm.qc.ca/outilscliniques/fiche.html?f_num=69)
- Hendrawan, D.** (2013). Factors affecting letter fluency performance among Indonesian undergraduate students: A short report. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 97, 266-270. doi:10.1016/j.sbspro.2013.10.232
- Henry, J. D.** (2006). A meta-analytic review of Wisconsin Card Sorting Test and Verbal Fluency Performance in obsessive-compulsive disorder. *Cognitive Neuropsychiatry*, 11, 156-176. doi:10.1080/13546800444000227
- Henry, J. D., & Beatty, W. W.** (2006). Verbal fluency deficits in multiple sclerosis. *Neuropsychologia*, 44, 1166-1174. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.006
- Henry, J. D., & Crawford, J. R.** (2005a). A meta-analytic review of verbal fluency deficits in schizophrenia relative to other neurocognitive deficits. *Cognitive Neuropsychiatry*, 10, 1-33. doi:10.1080/13546800344000309
- Henry, J. D., & Crawford, J. R.** (2005b). A meta-analytic review of verbal fluency deficits in depression. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 78-101. doi:10.1080/138033990513654
- Henry, J. D., Crawford, J. R., & Phillips, L. H.** (2004). Verbal fluency performance in dementia of the Alzheimer's type: A meta-analysis. *Neuropsychologia*, 42, 1212-1222. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.02.001
- Henry, J. D., Crawford, J. R., & Phillips, L. H.** (2005). A meta-analytic review of verbal fluency deficits in Huntington's Disease. *Neuropsychology*, 19, 243-252. doi:10.1037/0894-4105.19.2.243
- Isaacs, B., & Kennie, A. T.** (1973). The Set test as an aid to the detection of dementia in old people. *The British Journal of Psychiatry*, 123, 467-470.
- Johnson-Selfridge, M. T., Zaleski, C., & Abouardham, J-F.** (1998). The relationship between ethnicity and word fluency. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13, 319-325.
- Laisney, M., Matuszewski, V., Mezenge, F., Belliard, S., de la Sayette, V., Eustache, F., & Desgranges, B.** (2009). The underlying mechanisms of verbal fluency deficit in frontotemporal dementia and semantic dementia. *Journal of Neurology*, 256, 1083-1094. doi:10.1007/s00415-009-5073-y
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D.** (2012). *Neuropsychological assessment (5th ed.)*. New York, NY,

## Références (suite)

**Lonie, J. A., Herrmann, L. L., Tierney, K. M., Donaghey, C., O'Carroll, R., Lee, A., & Ebmeier, K. P. (2009).** Lexical and semantic fluency discrepancy scores in aMCI and early Alzheimer's disease. *Journal of Neuropsychology, 3*, 79-92. doi:10.1348/174866408X289935

**Magaud, E., Kebir, O., Gut, A., Willard, D., Chauchoy, F., Olie, J.-P., . . . Krebs, M.-O. (2010).** Altered semantic but not phonological verbal fluency in young help-seeking individuals with ultra high risk of psychosis. *Schizophrenia Research, 123*, 53-58. doi:10.1016/j.schres.2010.05.005

**Paula, J. J., Costa, S., Bertola, L., Miranda, D. D., & Malloy-Diniz, L. F. (2013).** Verbal fluency in older adults with low educational level: what is the role of executive functions and processing speed? *Revista Brasileira de Psiquiatria, 35*, 440-442. doi:10.1590/1516-4446-2013-1118

**Ross, T. P. (2003).** The reliability of cluster and switch scores for the Controlled Oral Word Association Test. *Archives of Clinical Neuropsychology, 18*, 153-164. doi:10.1016/S0887-6177(01)00192-5

**St-Hilaire, A., Hudon, C., Vallet, G., Bherer, L., Lussier, M., Gagnon, J.-F., . . . Macoir, J. (2016).** Normative Data for Phonetic and Semantic Verbal Fluency Test in the Adult French-Quebec Population and Validation Study in Alzheimer's Disease and Depression. *The Clinical Neuropsychologist*. doi:10.1080/13854046.2016.1195014

**Stolwyk, R., Bannirchelvam, B., Kraan, C., & Simpson, K. (2015).** The cognitive abilities associated with verbal fluency task performance differ across fluency variants and age groups in healthy young and old adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 37*, 70-83. doi:10.1080/13803395.2014.988125

**Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006).** *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary (3rd. ed)*. New York, NY, US: Oxford University Press.

**Szoke, A., Trandafir, A., Dupont, M. E., Meary, A., Schurhoff, F., & Leboyer, M. (2008).** Longitudinal studies of cognition in schizophrenia: Meta-analysis. *British Journal of Psychiatry, 192*, 248-257. doi:10.1192/bjp.bp.106.029009

**Teng, E., Leone-Friedman, J., Lee, G. J., Woo, S., Apostolova, L. G., Harrell, S., . . . Lu, P. H. (2013).** Similar verbal fluency patterns in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Archives of Clinical Neuropsychology, 28*, 400-410. doi:10.1093/arclin/act039

**Thurstone, L. L. & Thurstone, T. G. (1938).** *Primary Mental Abilities*. Chicago: Univ. of Chicago Press.

**Tyburnski, E., Sokolowski, A., Chec, M., Pelka-Wysiecka, J., & Samochowiec, A. (2015).** Neuropsychological characteristics of verbal and non-verbal fluency in schizophrenia patients. *Archives of Psychiatric Nursing, 29*, 33-38. doi:10.1016/j.apnu.2014.09.009

## Equations de régressions pour calculer les scores Z de la fluence verbale (contrôlant pour l'effet de l'âge et du niveau de scolarité; St-Hilaire et al., 2016)

| Variable            | n   | Corrected Z-score for age and education  |
|---------------------|-----|--|
| TNP or PFL          | 746 | Raw score – (34.087 + (-0.103*Age) + (0.677*Education) + (4.035*Triad)) / 10.576 |
| Letter P            | 890 | Raw score – (15.321 + (-0.044*Age) + (0.210*Education)) / 4.418                  |
| Animals<br>Category | 745 | Raw score – (25.505 + (-0.158*Age) + (0.303*Education)) / 4.428                  |

*Note.* Age: participant's age (continuous variable; between 19 and 91); Education: years of education (continuous variable; between 3 and 23); Triad (TNP = 0; PFL = 1).

Equation denominators corresponded to residual standard deviations of each models.

## Équation de régression pour calculer le score Z de contraste entre la condition animaux et TNP/PFL (contrôlant pour l'effet de l'âge; St-Hilaire et al., 2016)

| Uncorrected scaled score (SS) | Animals (raw score) | TNP or PFL (raw score) | SS Animals – SS TNP or PFL | Uncorrected scaled score (SS) |
|-------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1                             | -                   | -                      | -                          | 1                             |
| 2                             | 0-6                 | 0-11                   | ≤ -8                       | 2                             |
| 3                             | 7-8                 | 12-14                  | -7                         | 3                             |
| 4                             | 9-10                | 15-18                  | -6                         | 4                             |
| 5                             | 11-12               | 19-22                  | -5                         | 5                             |
| 6                             | 13                  | 23-26                  | -4                         | 6                             |
| 7                             | 14-15               | 27-30                  | -3                         | 7                             |
| 8                             | 16-17               | 31-33                  | -2                         | 8                             |
| 9                             | 18-19               | 34-37                  | -1                         | 9                             |
| 10                            | 20-21               | 38-41                  | 0-1                        | 10                            |
| 11                            | 22                  | 42-44                  | 2                          | 11                            |
| 12                            | 23-24               | 45-48                  | 3                          | 12                            |
| 13                            | 25-26               | 49-52                  | 4                          | 13                            |
| 14                            | 27-28               | 53-56                  | 5                          | 14                            |
| 15                            | 29                  | 57-59                  | 6                          | 15                            |
| 16                            | 30-31               | 60-63                  | 7                          | 16                            |
| 17                            | 32-33               | 64-67                  | 8                          | 17                            |
| 18                            | 34-35               | 68-70                  | 9                          | 18                            |
| 19                            | ≥ 36                | ≥ 71                   | ≥ 10                       | 19                            |
| n                             | 745                 | 746                    | 596                        | n                             |

$$\text{Corrected for age contrast Z-score} = \frac{\text{Uncorrected SS corresponding to SS difference between semantic and phonemic conditions} - (14.127 + (-0.068 * \text{Age}))}{2.784}$$

*Note.*

**Step 1.** From raw scores, find equivalent uncorrected SS for animals and TNP or PFL in Table 5.

**Step 2.** Calculate difference between SS animals and SS TNP or PFL.

**Step 3.** Find in Table 4 the corresponding uncorrected SS to difference calculated in step 2.

**Step 4.** Calculate the corrected for age contrast Z-score from equation in table.

Age: participant's age (continuous variable; between 19 and 91).

Equation denominator corresponded to residual standard deviations of the model.