



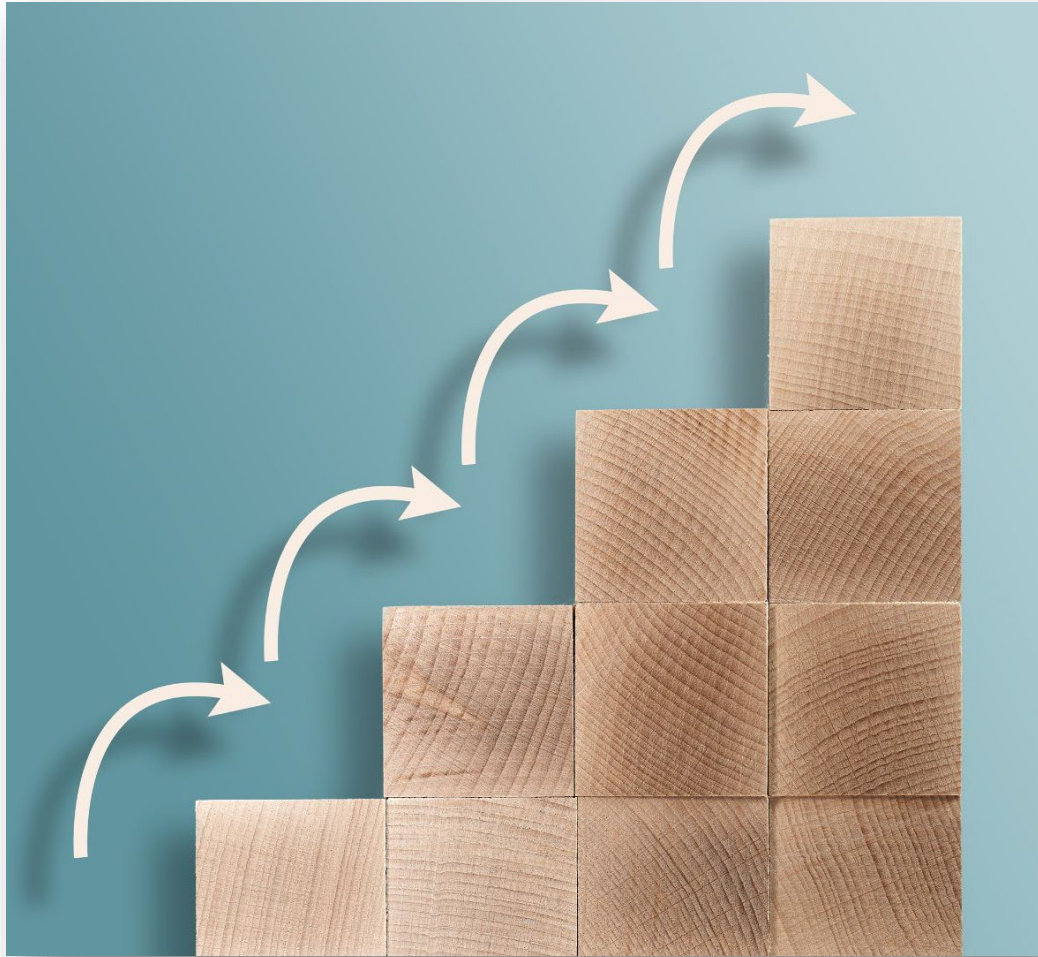
83. Latvijas Universitātes
starptautiskā zinātniskā
konference **2025**

SAISTĪBA STARP MIERA STĀVOKĻA EEG APERIODISKO LĪKNI UN SKAITĻOS BALSTĪTO DARBA ATMIŅU GADOS VECĀKIEM PIEAUGUŠAJIEM

Zigmunds Freibergs, Agnese Ušacka, Kristīne Šneidere, Ainārs Stepens

- Pētījums veikts RSU Attīstības un projektu departamenta projekta “RSU iekšējā un RSU ar LSPA ārējā konsolidācija”, Nr.5.2.1.1.i.0/2/24/I/CFLA/005 grants **“Modificējamie bio un dzīves stila marķieri kognitīvās funkcijas pasliktināšanās prognozēšanai (MOBILE-COG)”**, Nr. RSU-PAG-2024/1-0014 ietvaros

Prezentācijas saturs



1. Ievads

- Tēmas aktualitāte
- Elektroencefalogrāfija
 - Miera stāvokļa EEG
 - Aperiodiskā līkne
- Darba atmiņa
- Pētījuma mērķis, jautājums

2. Metode

3. Rezultāti

4. Diskusija

IEVADS



Tēmas aktualitāte

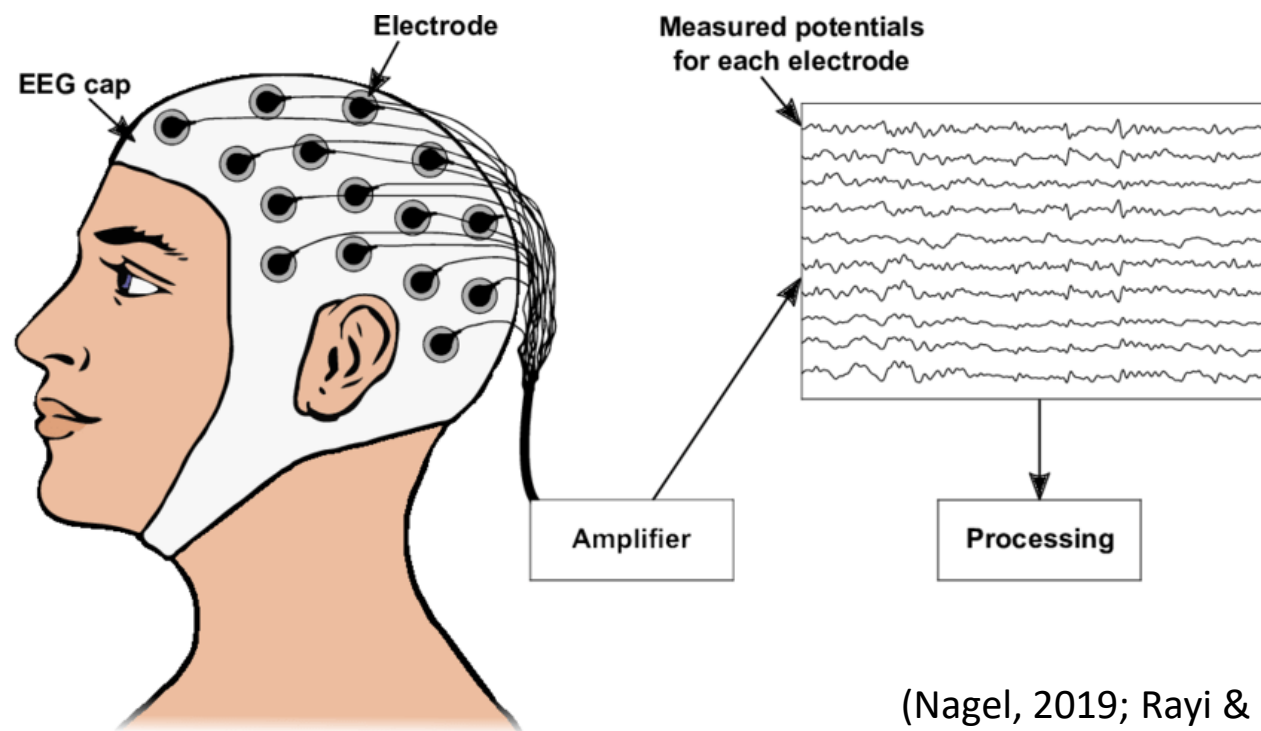
- **Darba atmiņa pasliktinās, novecojot**
- Miera stāvokļa elektroencefalogrāfijas (rs-EEG) mainīgā - **aperiodiskās līknes slīpums uzrāda saistību ar kognitīvo izpildījumu**, novecojot
- Darba atmiņa tiek pētīta **ar EEG**
- **Nav** pētījumu par **miera stāvokļa EEG un darba atmiņas** saistībām

(Finley et al., 2024; Montemurro et al., 2024;
Pei et al., 2023; Verhaeghen et al., 2019)



Elektroencefalogrāfija (1)

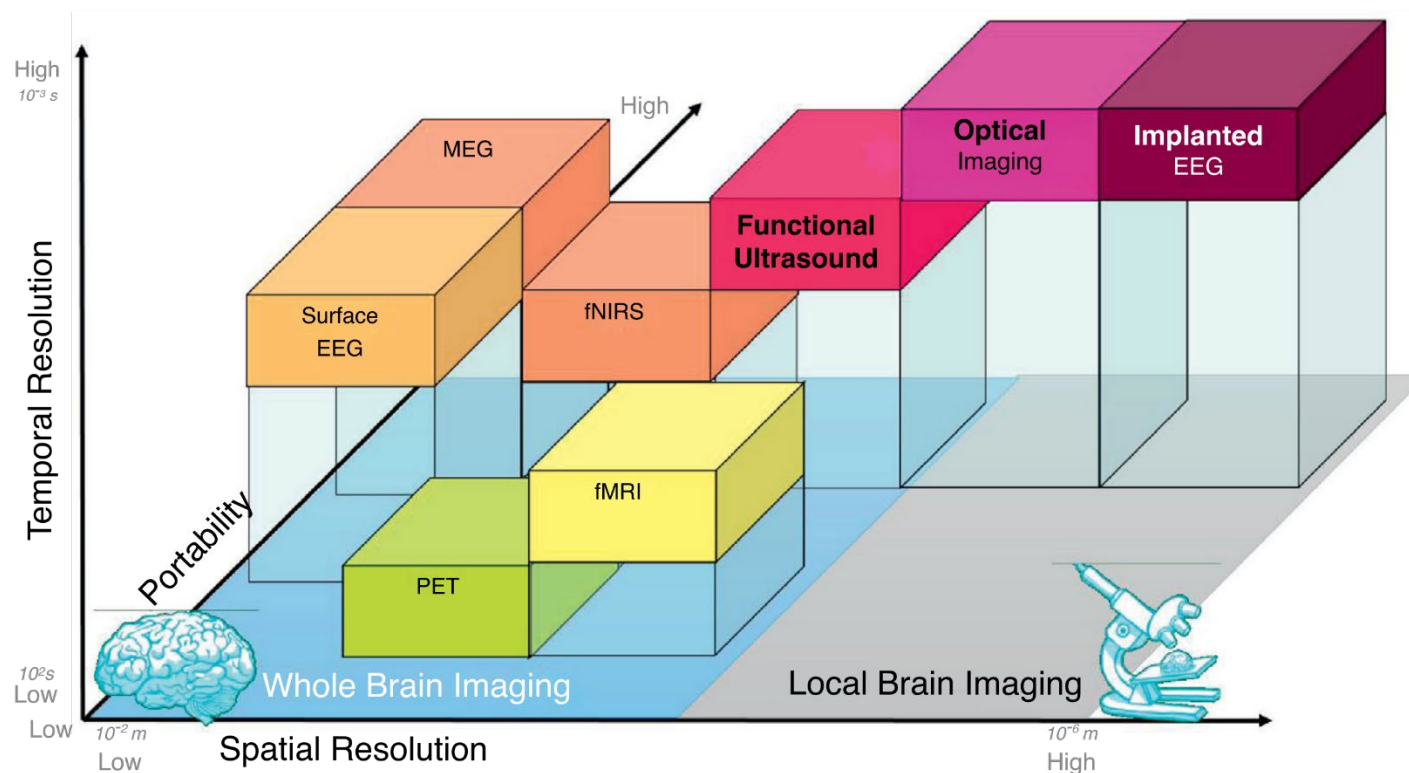
- Neinvazīva metode smadzeņu elektriskās aktivitātes mērīšanai



(Nagel, 2019; Rayi & Murr, 2025)

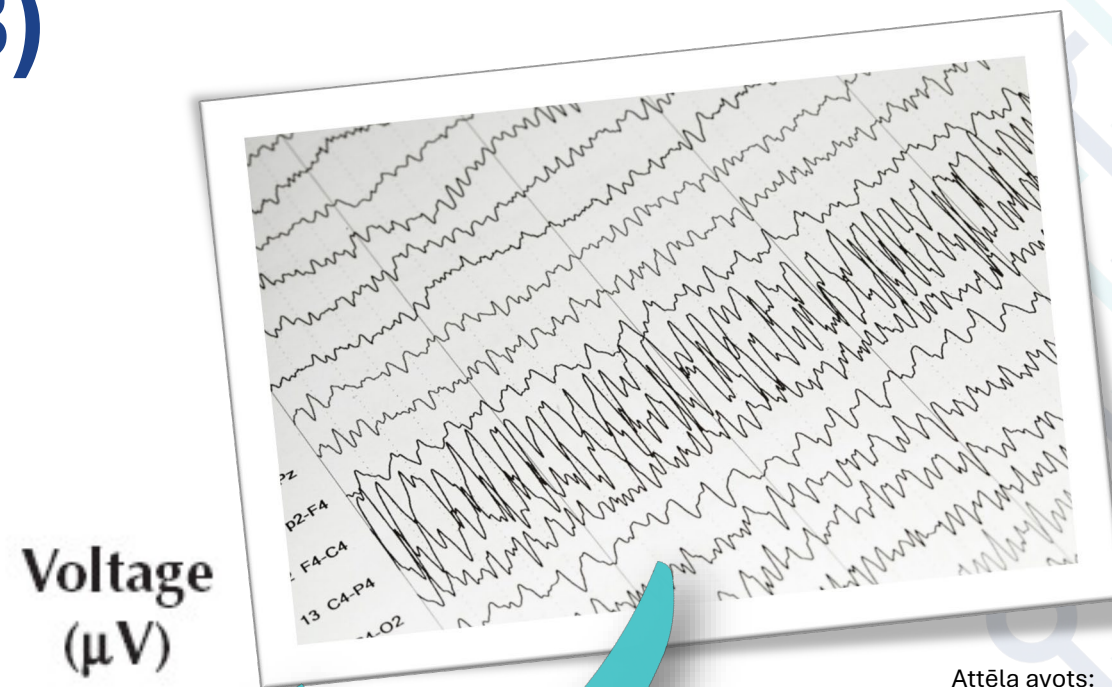
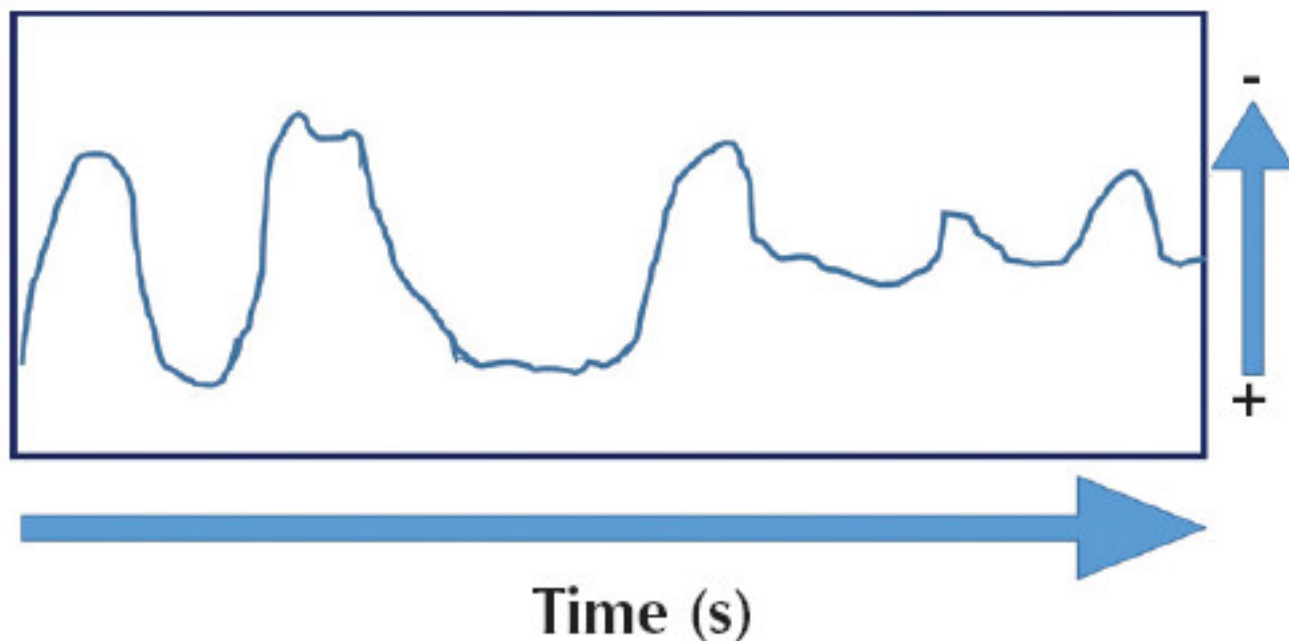
Elektroencefalogrāfija (2)

- Augsta temporālā (laika) izšķirtspēja - ms



Elektroencefalogrāfija (3)

- EEG signāla vizualizācija



Attēla avots:
<http://www.sydneyneurology.com.au/services/electroencephalography-eeeg/>

(Beniczky & Schomer, 2020)



83. Latvijas Universitātes
starptautiskā zinātniskā
konference 2025

Periodiskā vs aperiodiskā aktivitāte

- **Periodiskā**
 - ritmiskā
 - reakcija uz stimulu
- **Aperiodiskā**
 - neritmiskā
 - miera stāvoklī
 - bez stimula

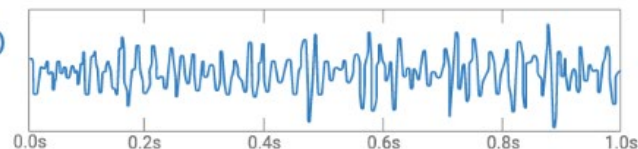
(Pacheco et al., 2024)



Periodiskā aktivitāte - viļņi

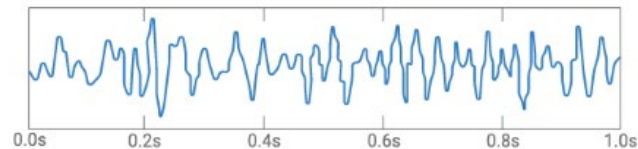
Gamma waves (30Hz–100Hz)

Motor function, problem solving, concentration



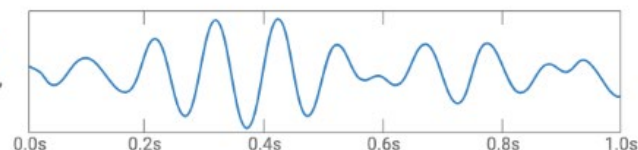
Beta waves (12Hz–30Hz)

Normal waking state, concentration, focus, five physical senses



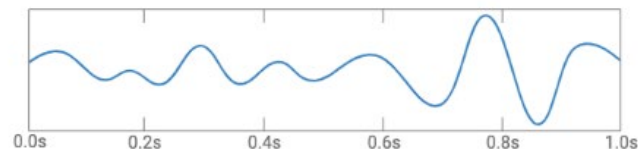
Alpha waves (7.5Hz–12Hz)

Relaxed, light meditation, creative, super learning, conscious



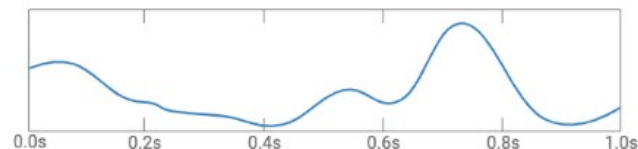
Theta waves (4Hz–7.5Hz)

Light sleep, deep meditation, creative, recall, fantasy



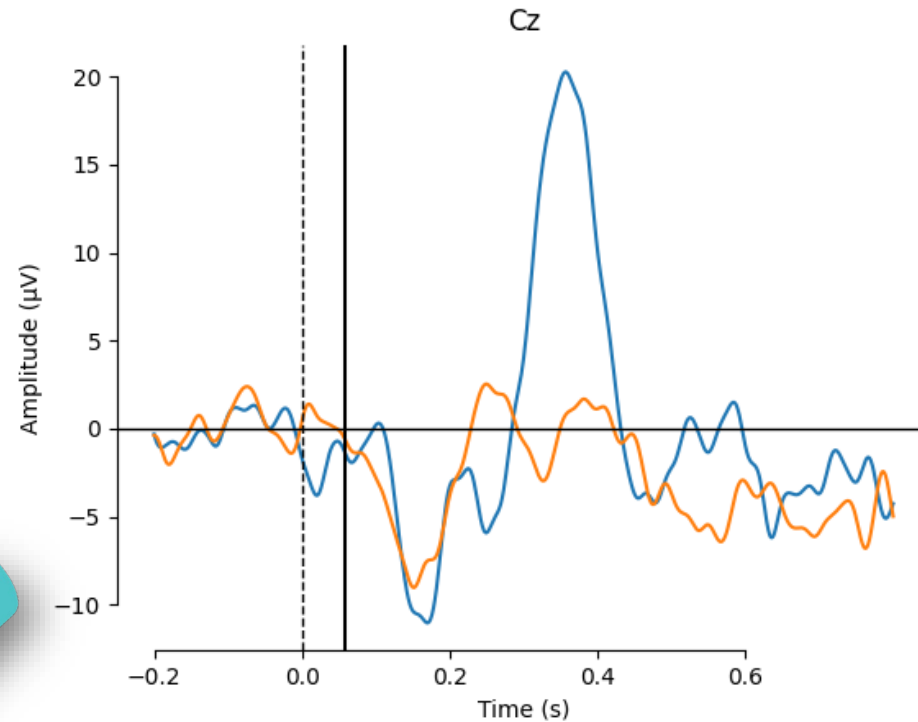
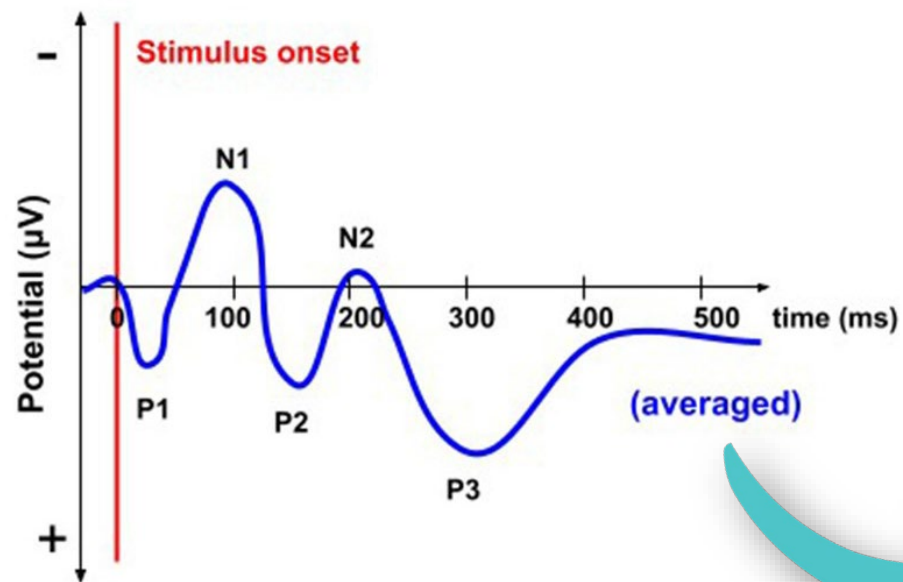
Delta waves (0.1Hz–4Hz)

Deep sleep, dreamless sleep, non-REM sleep, unconscious



Periodiskā aktivitāte – izsauktie potenciāli (2)

Event-Related Potentials (ERP)



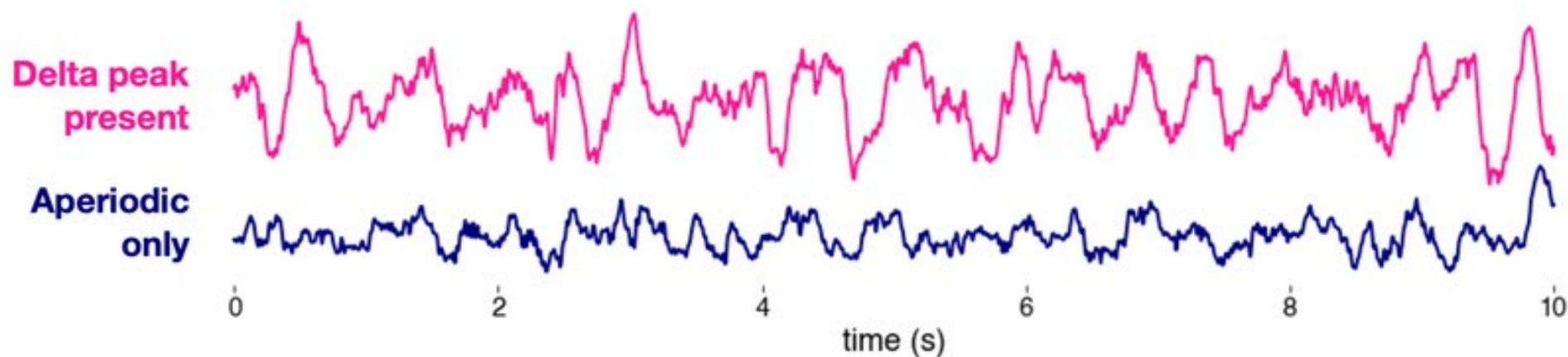
(Rockholt et al., 2023; *What Is the P300 in Event-Related Potentials (ERPs)?*, 2023)



83. Latvijas Universitātes
starptautiskā zinātniskā
konference 2025

Miera stāvokļa EEG

- = neritmiskā, bez stimula, miera stāvoklī

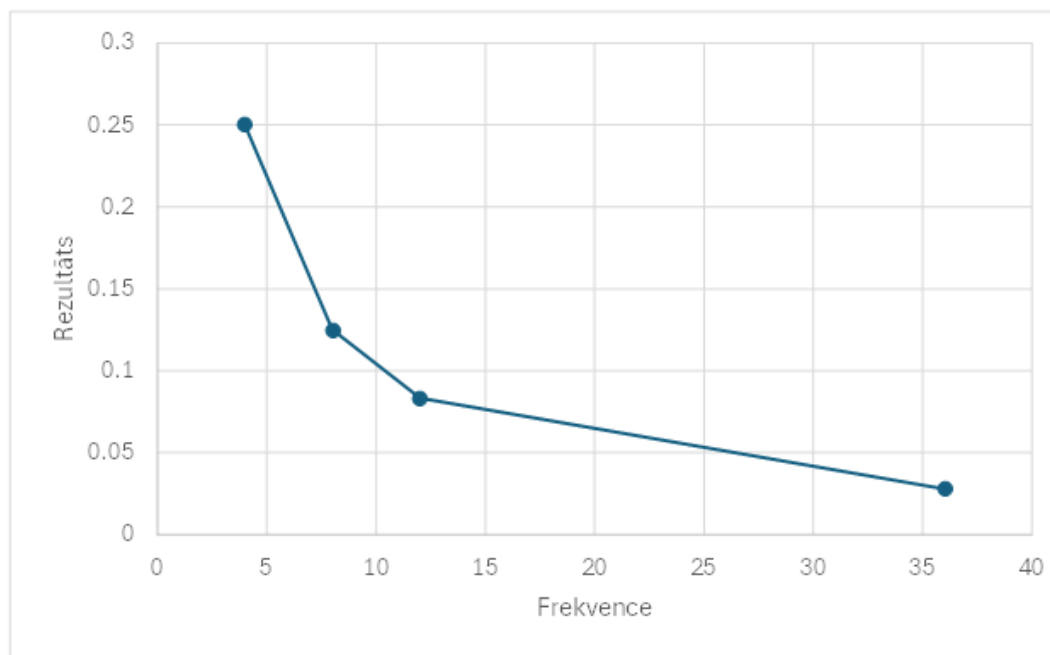


(Pacheco et al., 2024; Smith et al., 2023)

Aperiodiskā līkne (1)

- Miera stāvokļa EEG mainīgais
- Seko aptuveni $1/f$ ($f = \text{frekvence}$) distribūcijai

1	Frekvence (f)	Rezultāts
1	4	0.25
1	8	0.125
1	12	0.083333333
1	36	0.027777778



Aperiodiskā līkne (2)

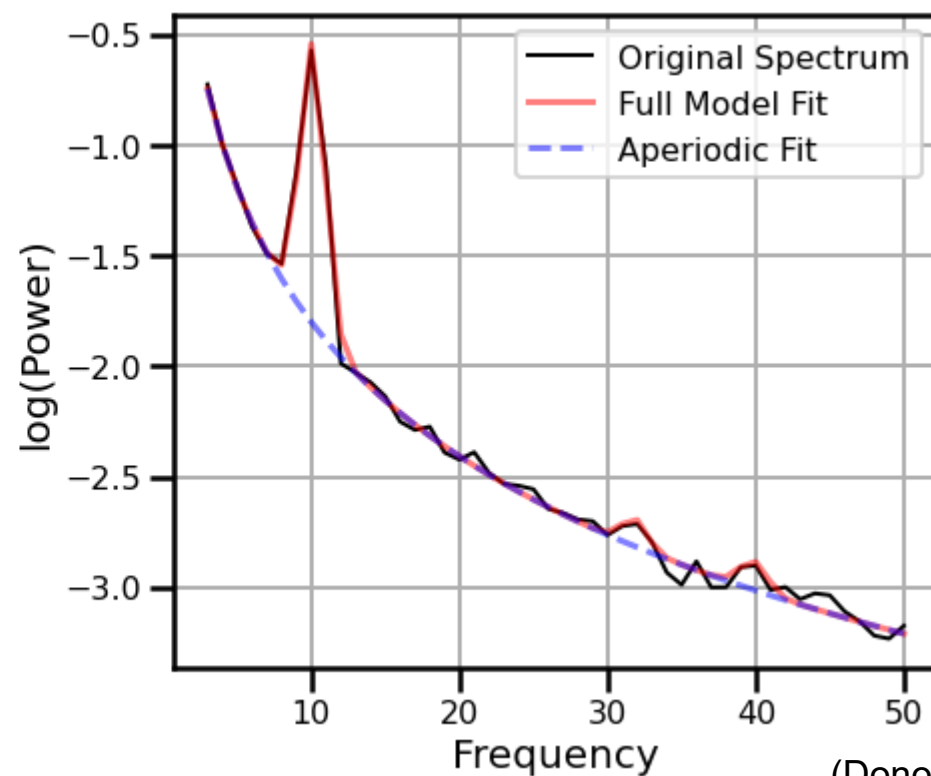
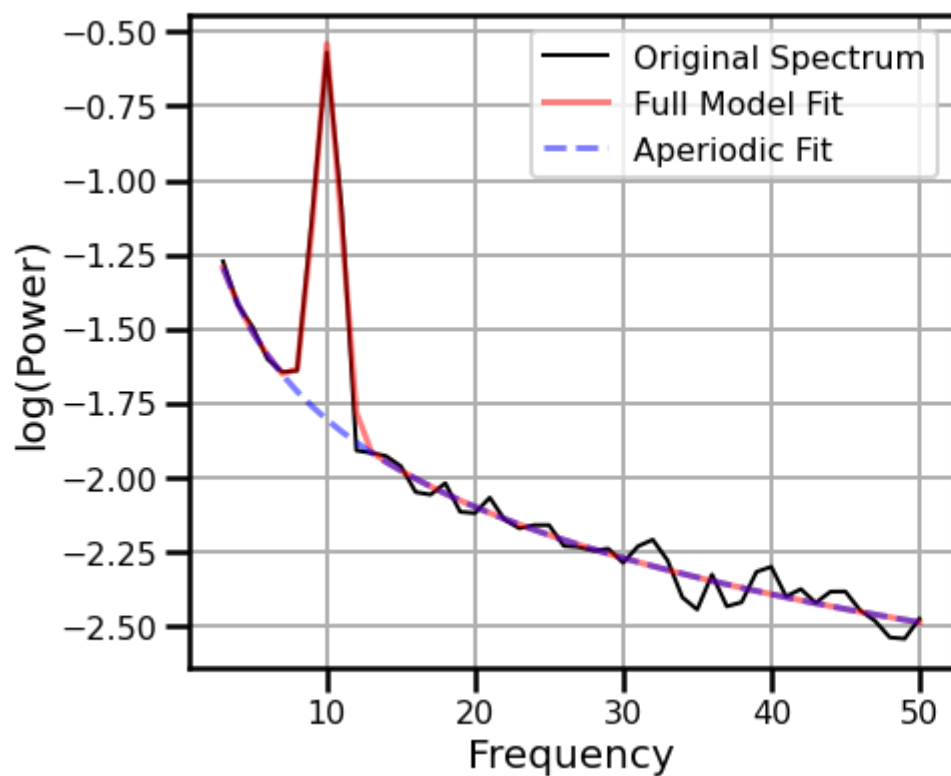
- Seko **aptuveni $1/f$** ($f = \text{frekvence}$) distribūcijai
 - $\rightarrow$ precīzāk:
 - **$1/f^\chi$** ,
 - kur χ = eksponents, kas nosaka, cik ātri elektriskā jauda samazinās, pieaugot frekvencei
 - Ja $\chi < 1$, līkne ir lēzenāka

(Donoghue et al., 2020)



Aperiodiskā līkne (3)

- Šī līkne var būt slīpāka vai lēzenāka



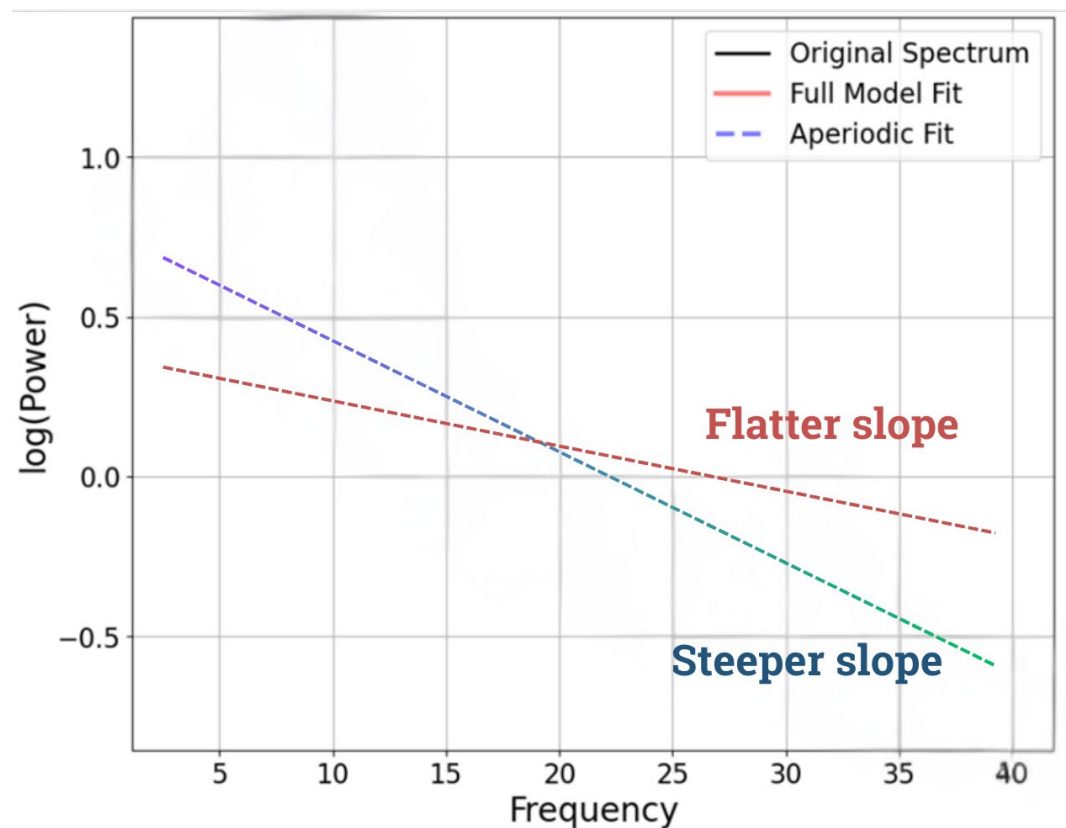
(Donoghue et al., 2022)



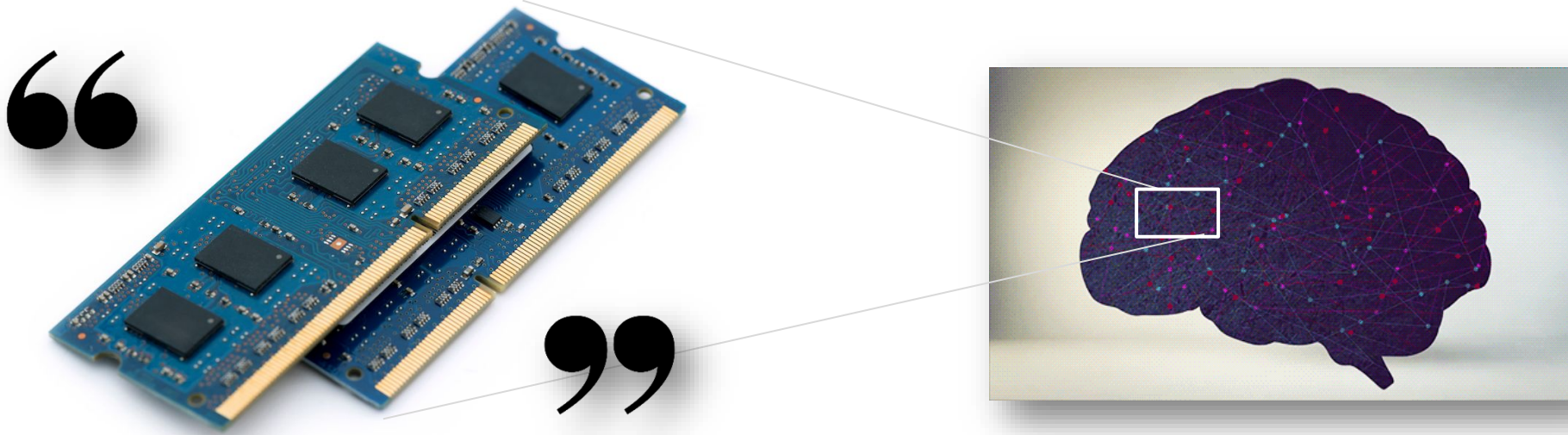
Aperiodiskā līkne (4)

- Lēzenāka līkne tiek saistīta ar **sliktāku kognitīvo izpildījumu** un dažādām **mentālajām saslimšanām** un ar **novecošanu**

(Finley et al., 2024; Montemurro et al., 2024; Pei et al., 2023)



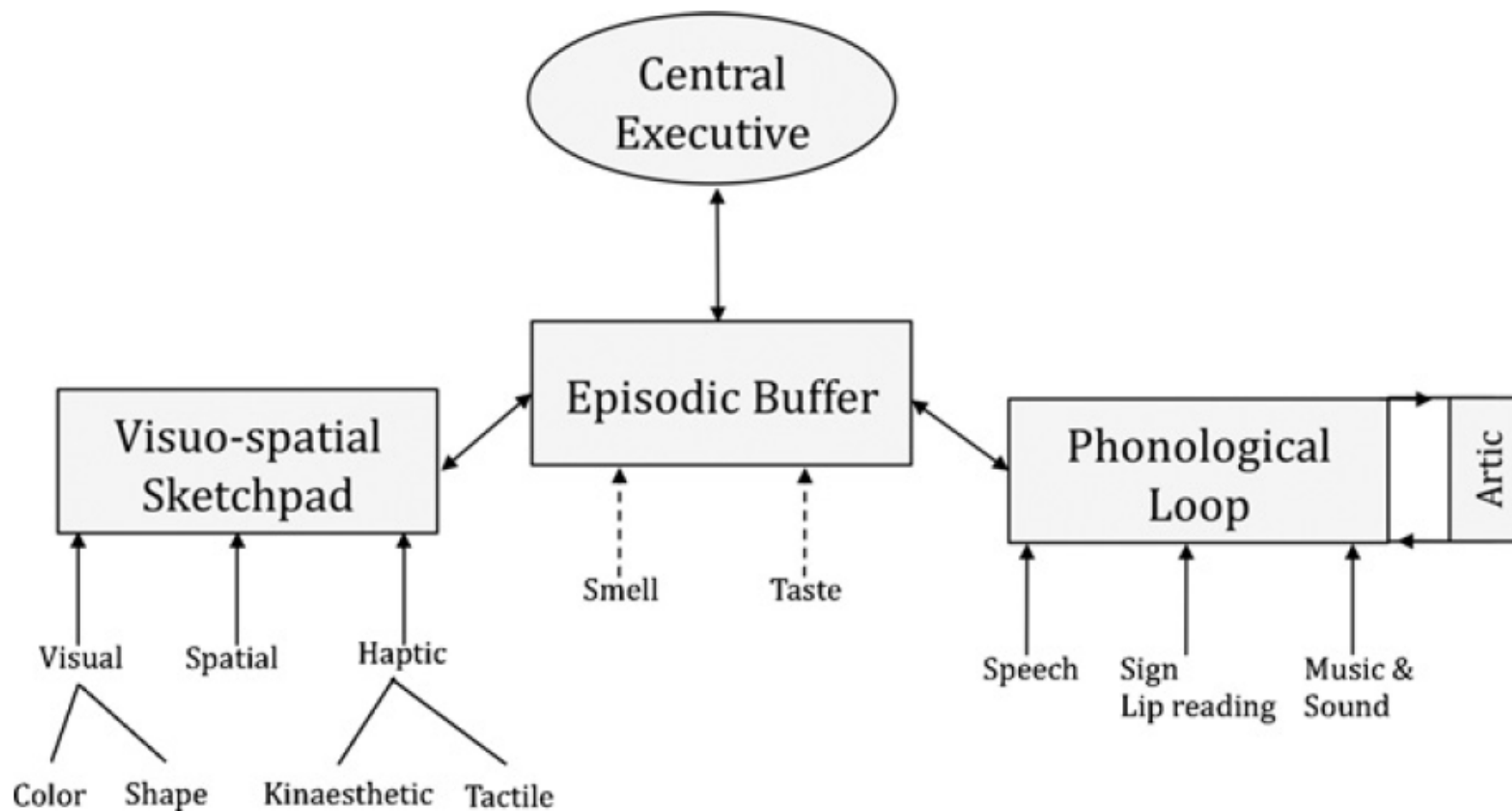
Darba atmiņa



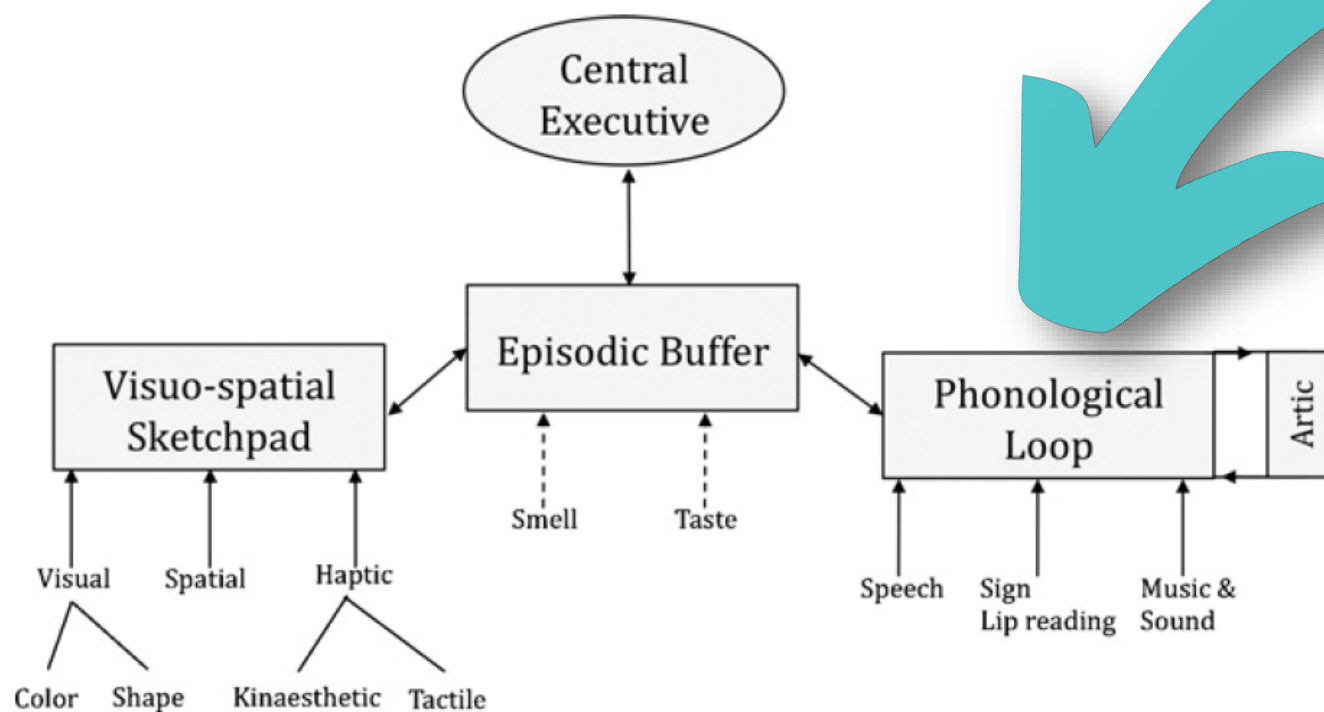
- savstarpēji mijiedarbojošos procesu **sistēma** (smadzenēs), kas ietver informācijas īslaicīgu (pagaidu) uzglabāšanu un manipulāciju kompleksu kognitīvo darbību veikšanai

(Baddeley et al., 2011)

Badeleja darba atmiņas modelis



Badeleja darba atmiņas modelis



Pētījuma mērķis

- **Noskaidrot, vai miera stāvokļa EEG aperiodiskās līknes slīpums var kalpot par darba atmiņas pasliktināšanās novecojot marķieri**



Pētījuma jautājums

- Vai miera stāvokļa EEG aperiodiskās līknes slīpums ir saistīts ar darba atmiņas izpildījumu?



METODE

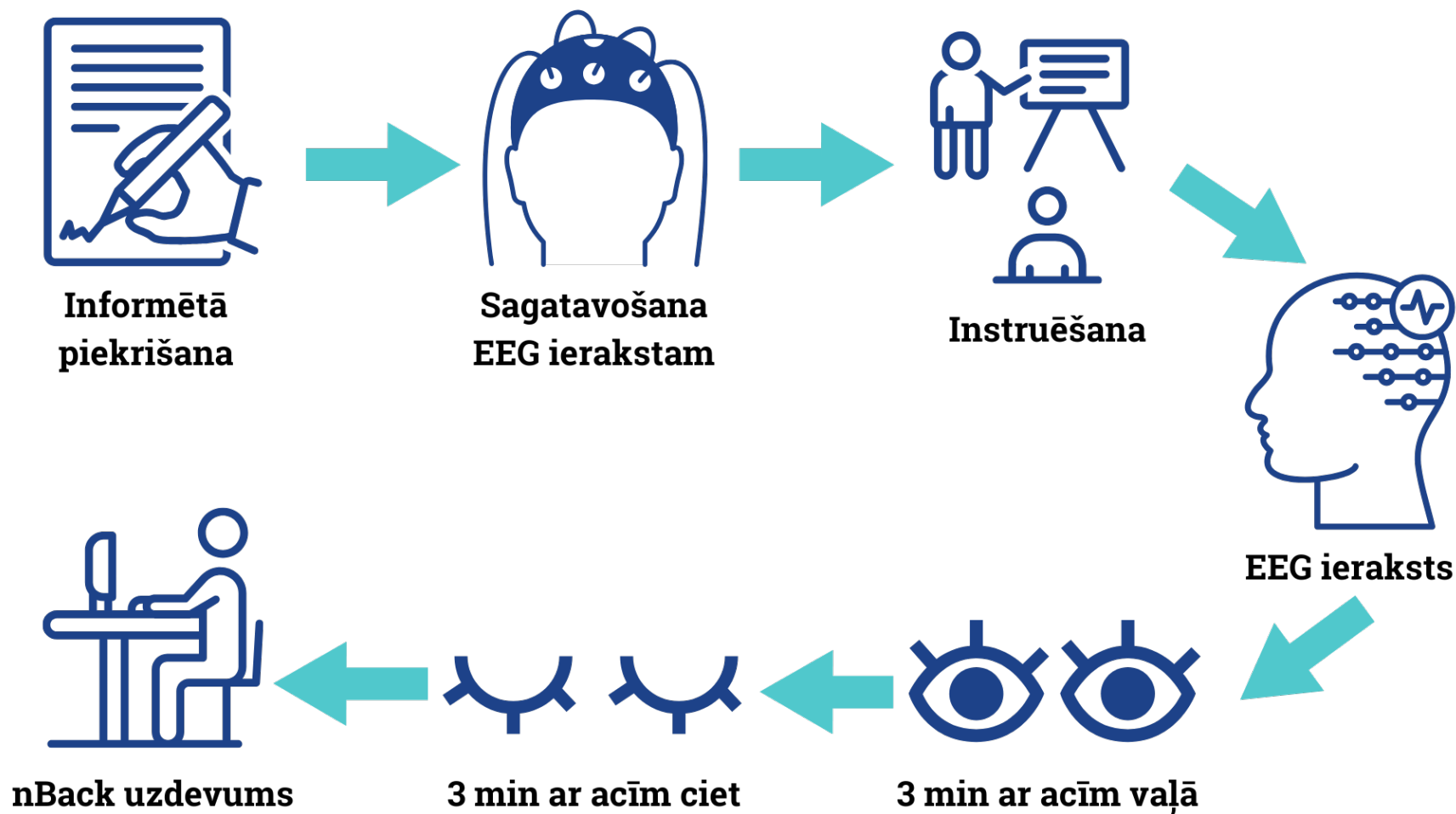


Izlase

- **N=25** gados vecāki pieaugušie
- Vecuma intervāls: **56-82 gadi**
- **$M_{\text{vecums}}=66.72$, $SD=6.89$**
- **68% sievietes**, 32% vīrieši

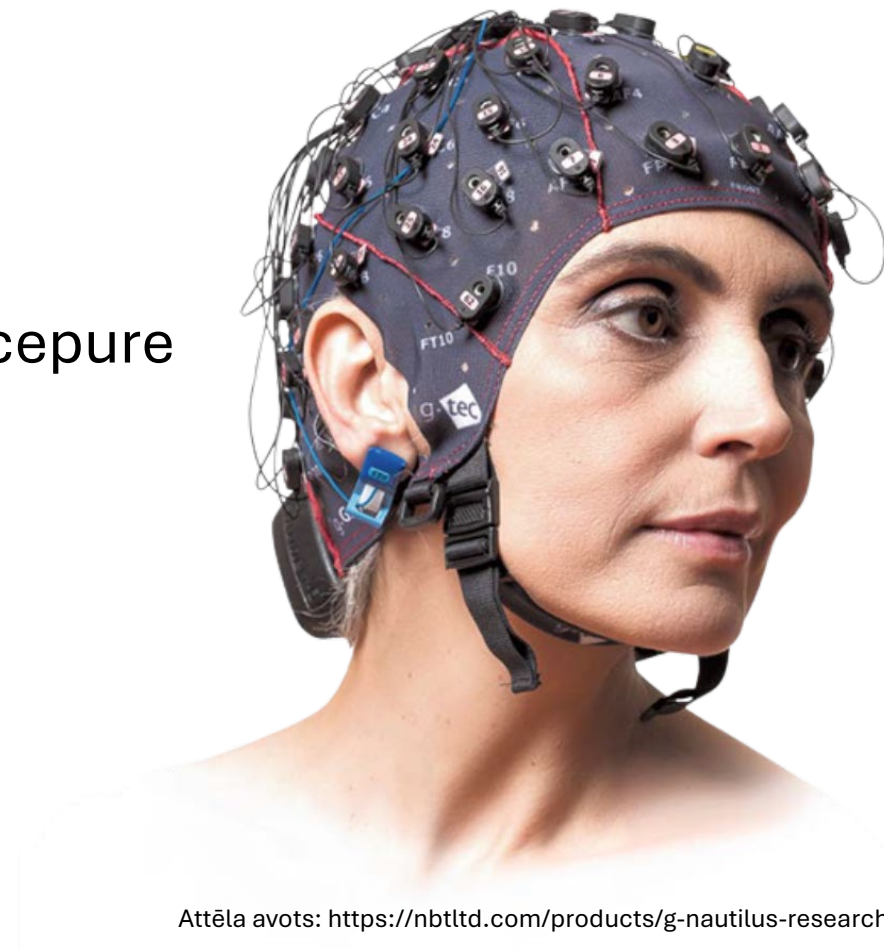


Procedūra



Instrumenti

- **Rs-EEG**
 - 32 kanāli
 - g.tec firmas g.Nautilus RESEARCH EEG cepure
 - atbilstoši 10-20 sistēmai
 - pretestība katrā kanālā $<50\text{ k}\Omega$, želeja
- **nBack**
 - uzdevums PsychoPy vidē
 - 3 kārtas: 0-back, 1-back, 2-back
 - katrā kārtā 180 mēģinājumi



Attēla avots: <https://nbt ltd.com/products/g-nautilus-research/>

nBack uzdevums

- **0-back**

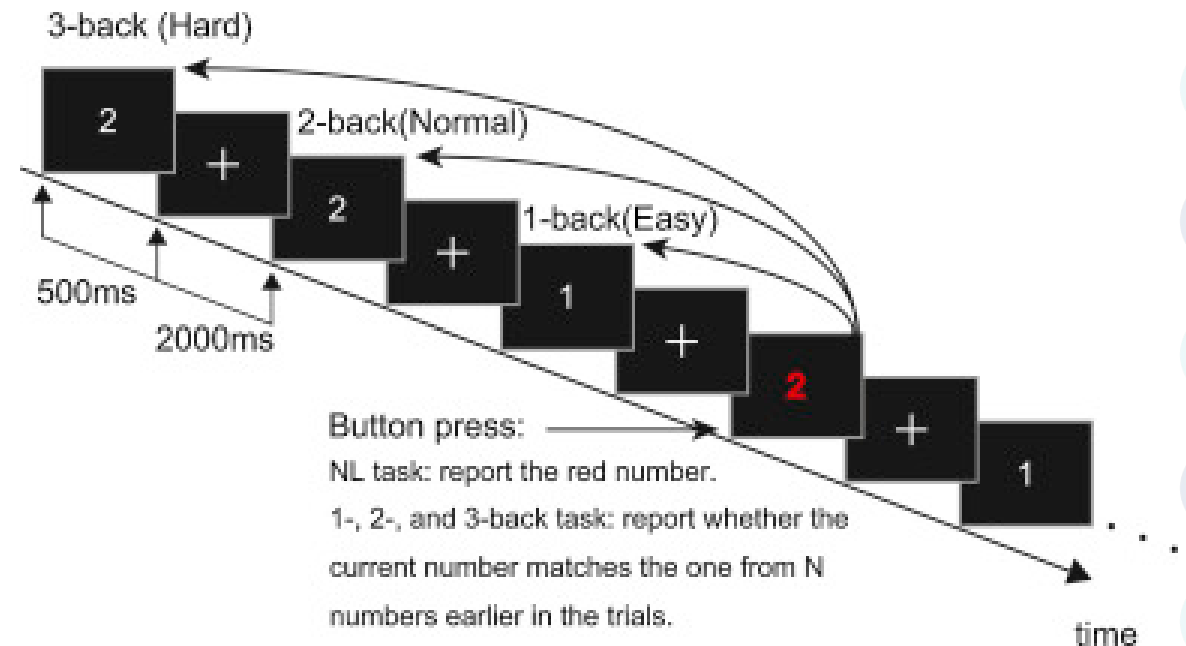
- 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8

- **1-back**

- 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8

- **2-back**

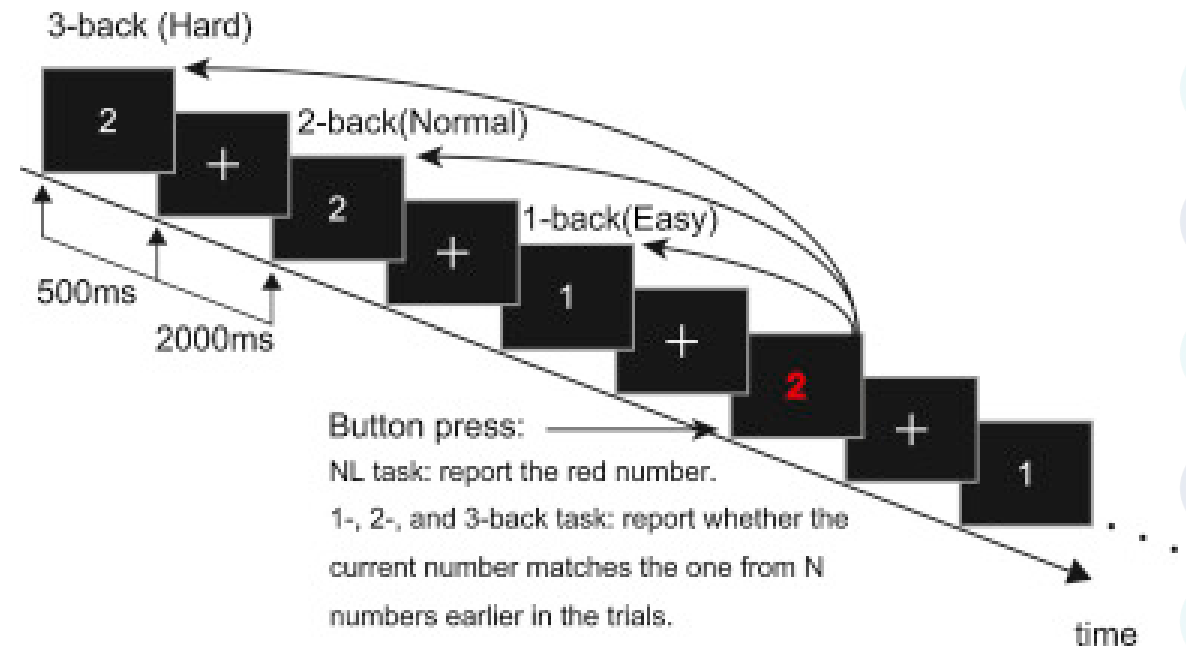
- 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8



(Yokota & Naruse, 2015)

nBack uzdevums

- **0-back**
 - 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8
- **1-back**
 - 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8
- **2-back**
 - 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8



(Yokota & Naruse, 2015)

nBack uzdevums

- **0-back**

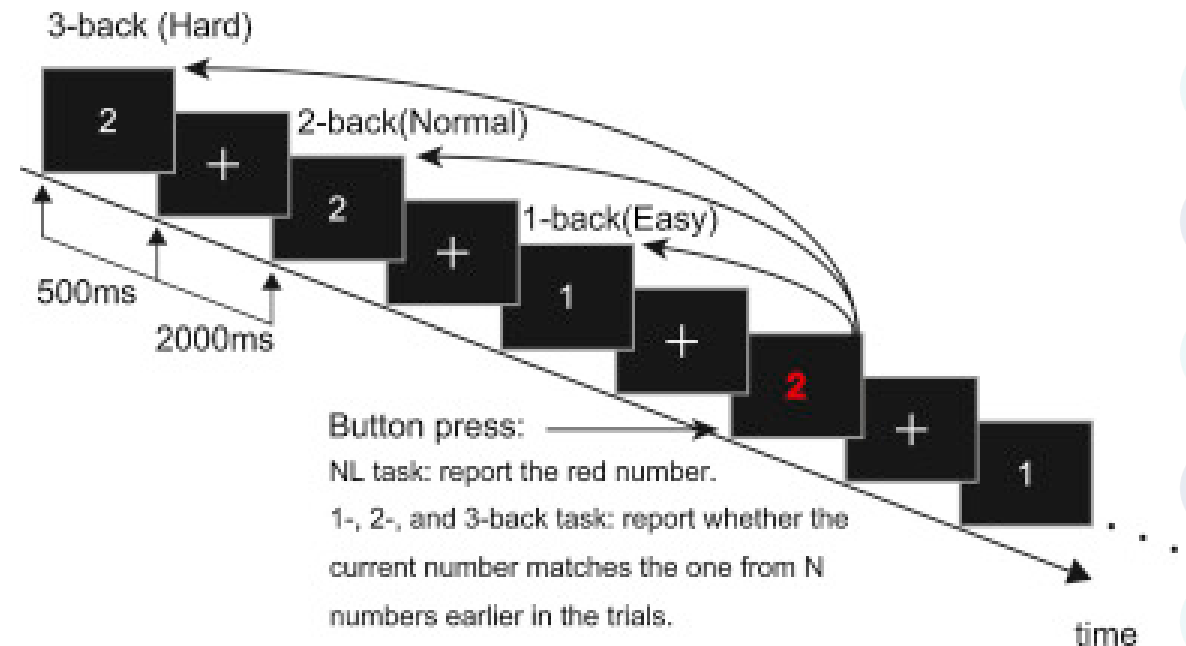
- $4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8$

- **1-back**

- $4 + 3 + 0 + 3 + \textcolor{blue}{3} + 0 + 8$

- **2-back**

- $4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8$



(Yokota & Naruse, 2015)

nBack uzdevums

- **0-back**

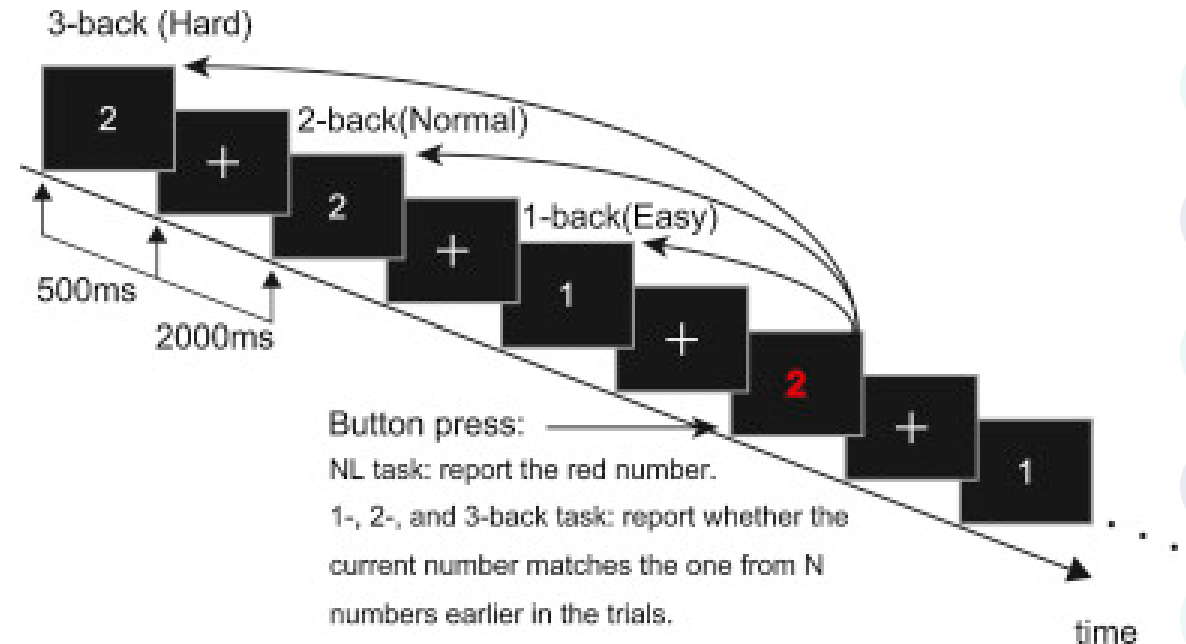
- 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8

- **1-back**

- 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8

- **2-back**

- 4 + 3 + 0 + 3 + 3 + 0 + 8



(Yokota & Naruse, 2015)

Datu apstrādes procedūra

- **Rs-EEG**
 - datu tīrīšana EEGLAB MATLAB vidē
 - aperiodiskās līknes aprēķināšana – ar FOOOF algoritmu Python (Jupyter/Anaconda)
- **nBack**
 - PsychoPy ģenerētā CSV faila analīze ar MATLAB skriptu



Ievākto datu veidi

- **Rs-EEG**
 - Mediānais aperiodiskās līknes slīpums visos kanālos kopā
- **nBack**
 - Precizitāte (pareizās/nepareizās izvēles)
 - Reakcijas laiks (ms)

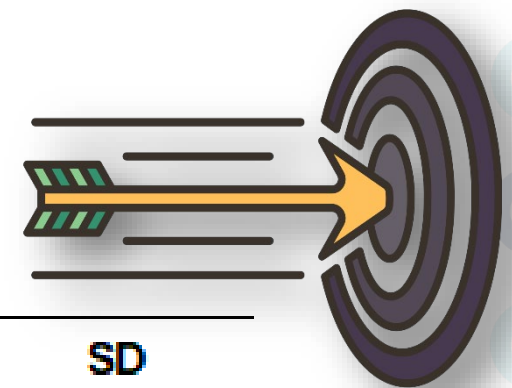
REZULTĀTI



Aprakstošā statistika (1)

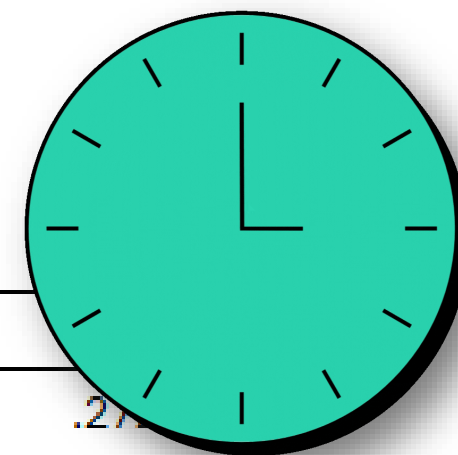
	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Median Slope	25	.23	1.38	.8266	.27247
Accuracy 0-back	25	114.00	180.00	174.4000	18.03931
MeanRT 0-back	25	.43	.84	.5321	.09438
Accuracy 1-back	25	133.00	180.00	170.2400	12.76806
MeanRT 1-back	25	.47	.82	.6062	.08592
Accuracy 2-back	25	113.00	168.00	146.0800	14.09764
MeanRT 2-back	25	.45	1.44	.6662	.17851
Dzimums	25	1.00	2.00	1.6800	.47610
Vecums	25	56.00	82.00	66.7200	6.88912

Aprakstošā statistika (2)



	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Median Slope	25	.23	1.38	.8266	.27247
Accuracy 0-back	25	114.00	180.00	174.4000	18.03931
MeanRT 0-back	25	.43	.84	.5321	.09438
Accuracy 1-back	25	133.00	180.00	170.2400	12.76806
MeanRT 1-back	25	.47	.82	.6062	.08592
Accuracy 2-back	25	113.00	168.00	146.0800	14.09764
MeanRT 2-back	25	.45	1.44	.6662	.17851
Dzimums	25	1.00	2.00	1.6800	.47610
Vecums	25	56.00	82.00	66.7200	6.88912

Aprakstošā statistika (3)



	N	Minimum	Maximum	Mean	
Median Slope	25	.23	1.38	.8266	.271
Accuracy 0-back	25	114.00	180.00	174.4000	18.03931
MeanRT 0-back	25	.43	.84	.5321	.09438
Accuracy 1-back	25	133.00	180.00	170.2400	12.76806
MeanRT 1-back	25	.47	.82	.6062	.08592
Accuracy 2-back	25	113.00	168.00	146.0800	14.09764
MeanRT 2-back	25	.45	1.44	.6662	.17851
Dzimums	25	1.00	2.00	1.6800	.47610
Vecums	25	56.00	82.00	66.7200	6.88912

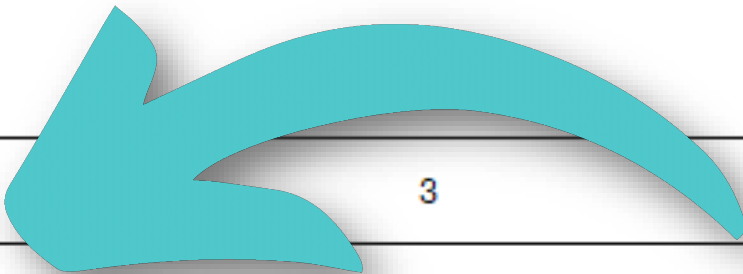
Spīrmēna korelācijas

Variables	1	2	3	4	5	6	7
1. Median Slope	-						
2. Accuracy 0-back	.010	-					
3. MeanRT 0-back	.001	-.313	-				
4. Accuracy 1-back	-.328	.541**	-.480*	-			
5. MeanRT 1-back	-.182	-.515**	.743**	-.478*	-		
6. Accuracy 2-back	-.199	.468*	-.504*	.597**	-.356	-	
7. MeanRT 2-back	-.295	-.284	.375	-.148	.349	.007	-

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Spīrmena korelācijas



Variables	1		3		5	6	7
1. Median Slope	-						
2. Accuracy 0-back	.010	-					
3. MeanRT 0-back	.001	-.313	-				
4. Accuracy 1-back	-.328	.541**	-.480*	-			
5. MeanRT 1-back	-.182	-.515**	.743**	-.478*	-		
6. Accuracy 2-back	-.199	.468*	-.504*	.597**	-.356	-	
7. MeanRT 2-back	-.295	-.284	.375	-.148	.349	.007	-

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

DISKUSIJA



Secinājums

- Saskaņā ar mūsu rezultātiem, miera stāvokļa EEG **aperiodiskā līkne nav saistīta ar darba atmiņu**

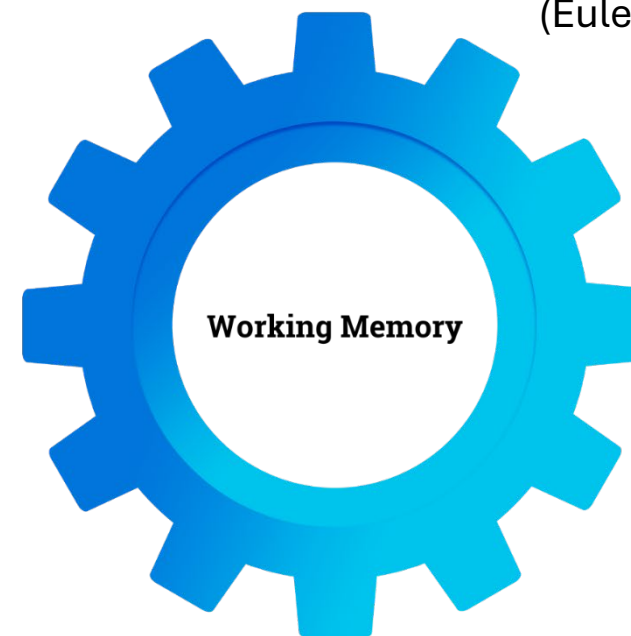
Vispārējais vs. specifiskais

Miera stāvokļa EEG aperiodiskā līkne ir **vairāk saistīta ar vispārējo kognitīvo funkcionalitāti, nevis ar specifisku kognitīvo funkciju**

(Euler et al., 2024)



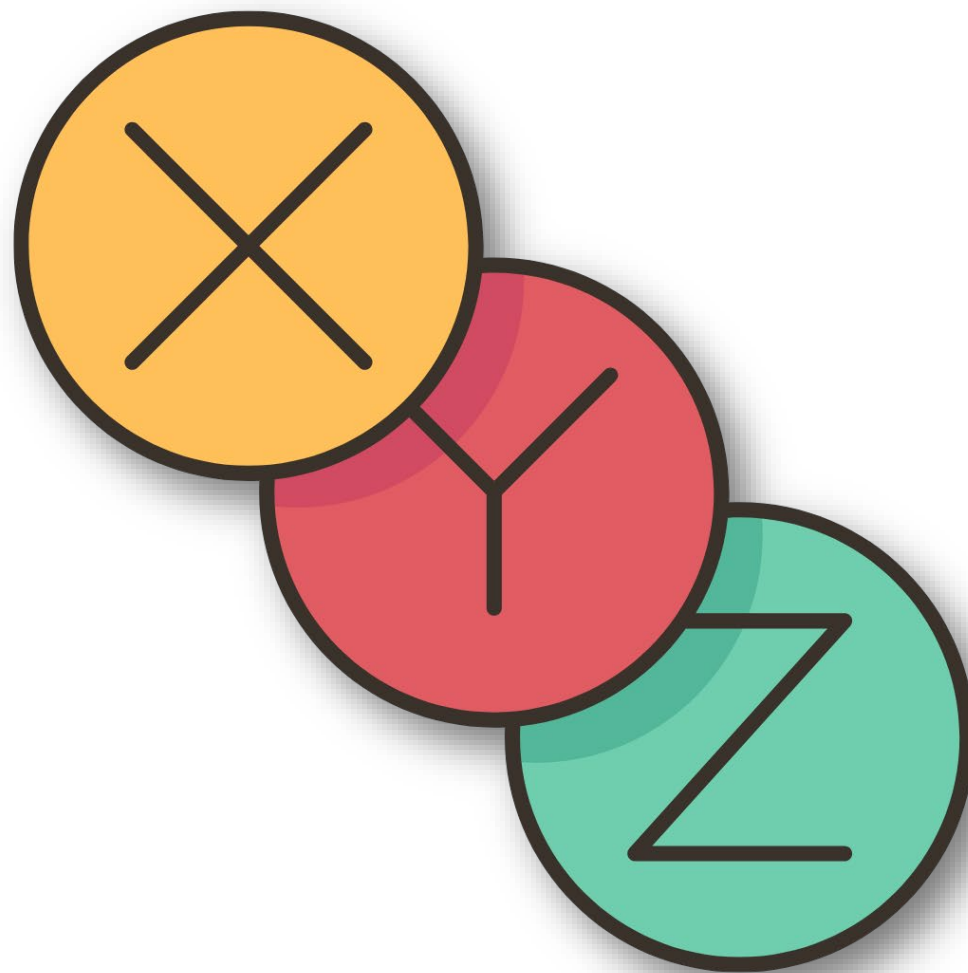
VS



Mediators

Miera stāvokļa EEG aperiodiskās
līknes **saistību ar darba atmiņu**
mediē cits mainīgais, piemēram,
vispārējais g faktors

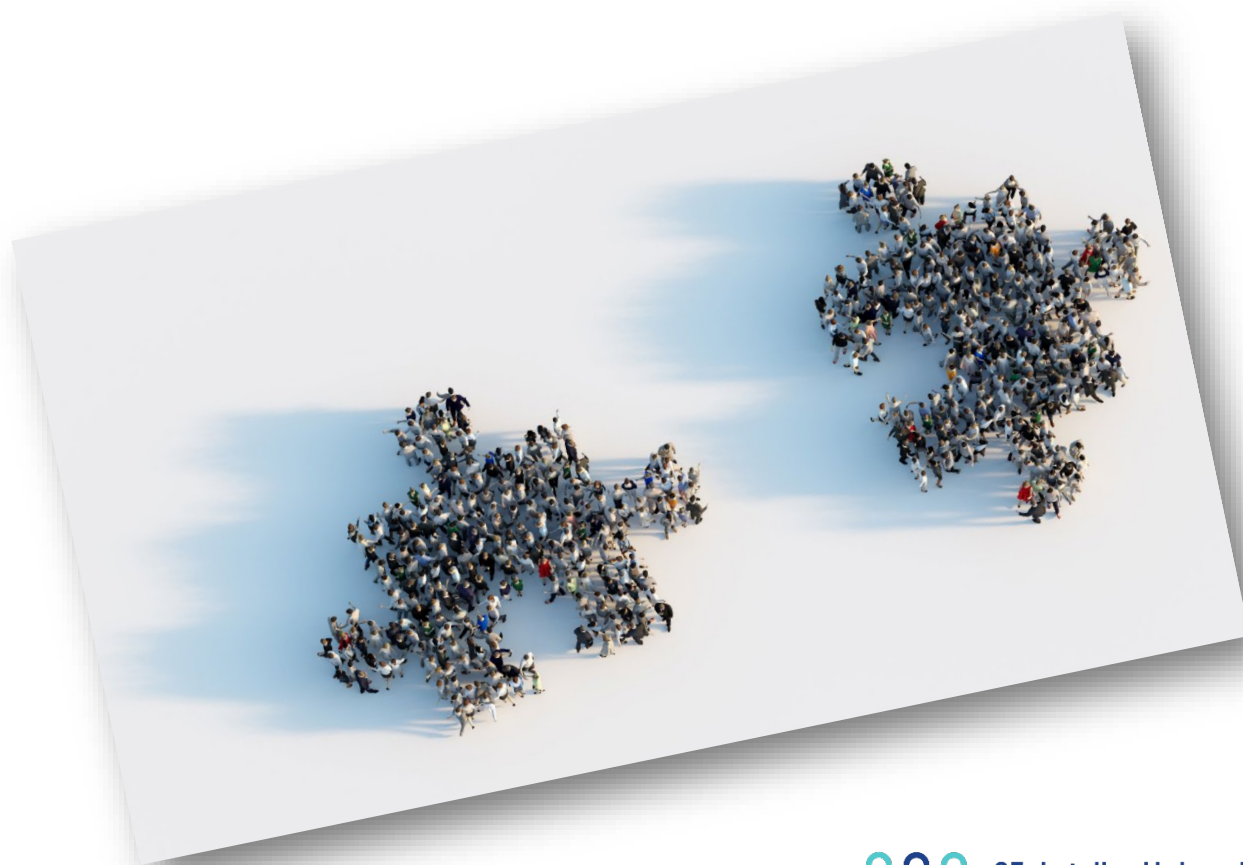
(Euler et al., 2024)



Aperiodiskā līkne nav saistīta ar WM?

- Mūsu rezultāti norāda, ka **nav saistības**, bet...

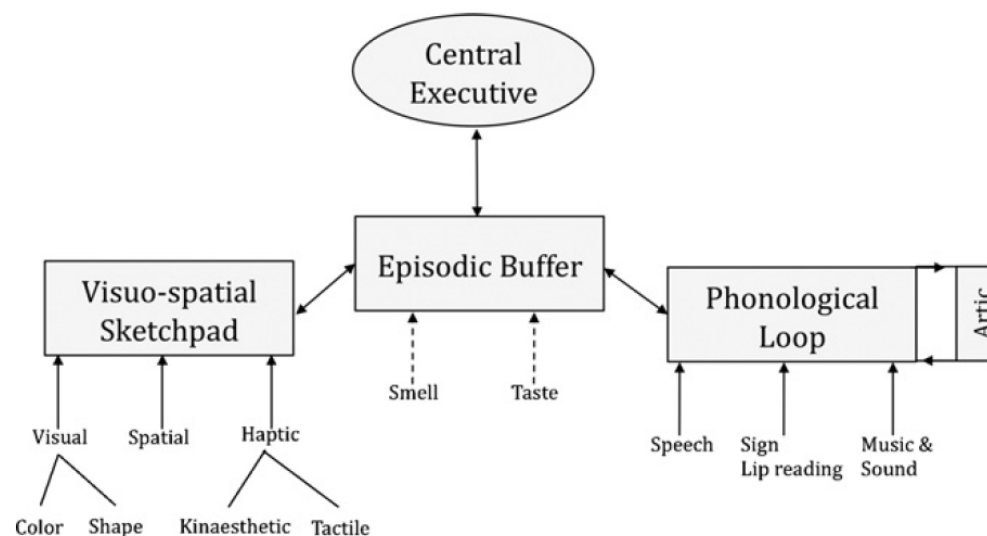
1. $N=25$



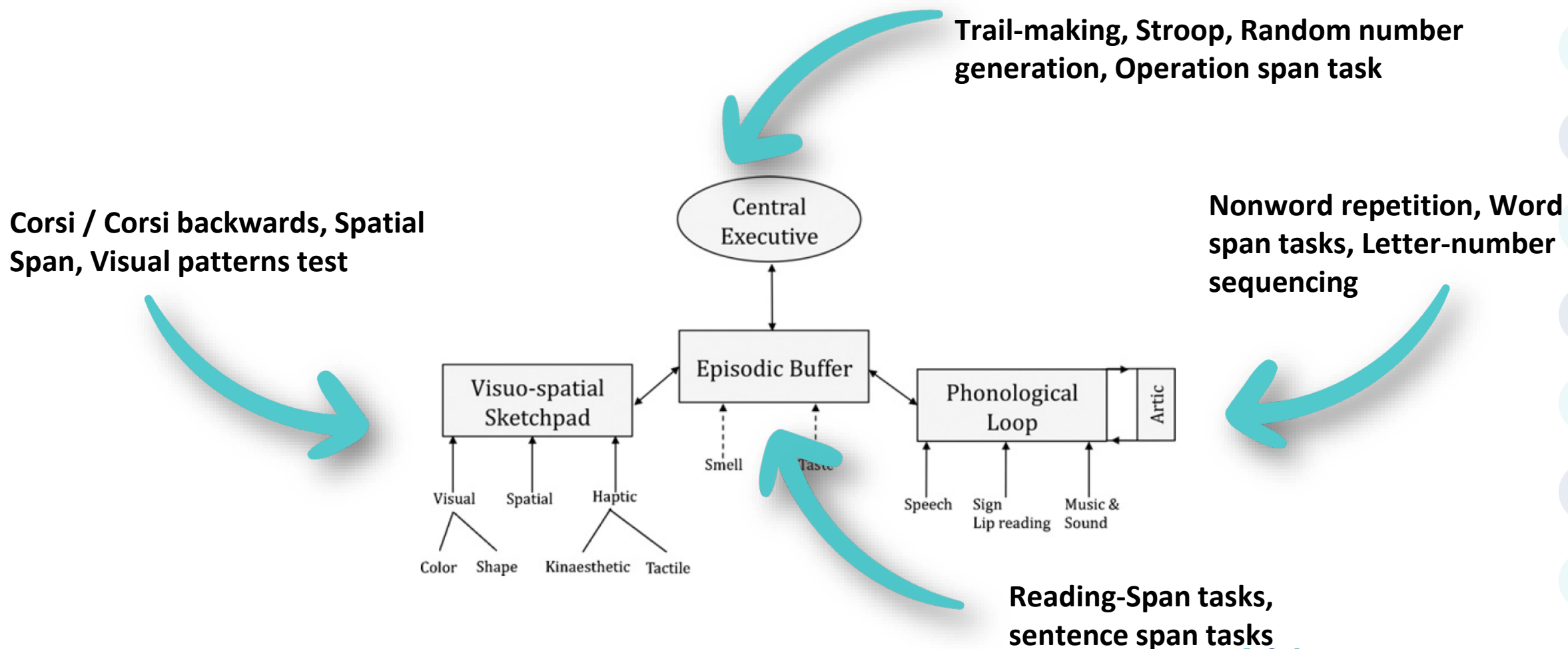
Aperiodiskā līkne nav saistīta ar WM?

- Mūsu rezultāti norāda, ka **nav saistības**, bet...

2. Darba atmiņa ≠ tikai fonoloģiskā cilpa



Aperiodiskā līkne nav saistīta ar WM?



IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS



Izmantotās literatūras saraksts (1)

1. Beniczky, S., & Schomer, D. L. (2020). Electroencephalography: Basic biophysical and technological aspects important for clinical applications. *Epileptic Disorders*, 22(6), 697–715. <https://doi.org/10.1684/epd.2020.1217>
2. Donoghue, T., Haller, M., Peterson, E. J., Varma, P., Sebastian, P., Gao, R., Noto, T., Lara, A. H., Wallis, J. D., Knight, R. T., Shestyuk, A., & Voytek, B. (2020). Parameterizing neural power spectra into periodic and aperiodic components. *Nature Neuroscience*, 23(12), 1655–1665. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00744-x>
3. Donoghue, T., Schaworonkow, N., & Voytek, B. (2022). Methodological considerations for studying neural oscillations. *European Journal of Neuroscience*, 55(11–12), 3502–3527. <https://doi.org/10.1111/ejn.15361>
4. Euler, M. J., Vehar, J. V., Guevara, J. E., Geiger, A. R., Deboeck, P. R., & Lohse, K. R. (2024). Associations between the resting EEG aperiodic slope and broad domains of cognitive ability. *Psychophysiology*, 61(6), e14543. <https://doi.org/10.1111/psyp.14543>
5. Finley, A. J., Angus, D. J., Knight, E. L., Van Reekum, C. M., Lachman, M. E., Davidson, R. J., & Schaefer, S. M. (2024). Resting EEG Periodic and Aperiodic Components Predict Cognitive Decline Over 10 Years. *The Journal of Neuroscience*, 44(13), e1332232024. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1332-23.2024>
6. Montemurro, S., Borek, D., Marinazzo, D., Zago, S., Masina, F., Napoli, E., Filippini, N., & Arcara, G. (2024). Aperiodic component of EEG power spectrum and cognitive performance are modulated by education in aging. *Scientific Reports*, 14(1), 15111. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66049-2>
7. Nagel, S. (2019). *Towards a home-use BCI: Fast asynchronous control and robust non-control state detection*. Universität Tübingen. <https://doi.org/10.15496/PUBLIKATION-37739>



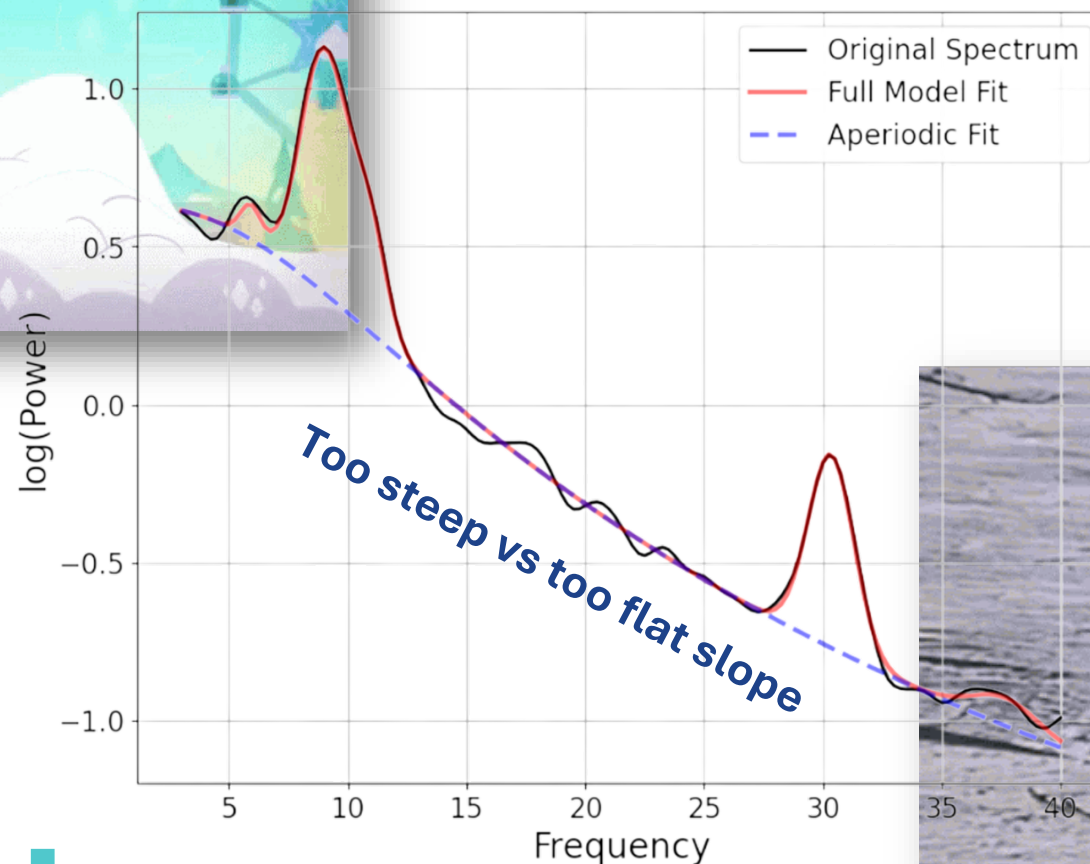
Izmantotās literatūras saraksts (2)

8. Pacheco, L. B., Feuerriegel, D., Jach, H. K., Robinson, E., Duong, V. N., Bode, S., & Smillie, L. D. (2024). Disentangling periodic and aperiodic resting EEG correlates of personality. *NeuroImage*, 293, 120628. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2024.120628>
9. Pei, L., Zhou, X., Leung, F. K. S., & Ouyang, G. (2023). Differential associations between scale-free neural dynamics and different levels of cognitive ability. *Psychophysiology*, 60(6), e14259. <https://doi.org/10.1111/psyp.14259>
10. Rayi, A., & Murr, N. I. (2025). Electroencephalogram. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563295/>
11. Rockholt, M. M., Kenefati, G., Doan, L. V., Chen, Z. S., & Wang, J. (2023). In search of a composite biomarker for chronic pain by way of EEG and machine learning: Where do we currently stand? *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1186418. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1186418>
12. Smith, S. E., Ma, V., Gonzalez, C., Chapman, A., Printz, D., Voytek, B., & Soltani, M. (2023). Clinical EEG slowing induced by electroconvulsive therapy is better described by increased frontal aperiodic activity. *Translational Psychiatry*, 13(1), 348. <https://doi.org/10.1038/s41398-023-02634-9>
13. Verhaeghen, P., Geigerman, S., Yang, H., Montoya, A. C., & Rahnev, D. (2019). Resolving Age-Related Differences in Working Memory: Equating Perception and Attention Makes Older Adults Remember as Well as Younger Adults. *Experimental Aging Research*, 45(2), 120–134. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2019.1586120>
14. *What is the P300 in Event-Related Potentials (ERPs)?* (2023). <https://info.tmsi.com/blog/what-is-the-p300-in-event-related-potentials-erps>
15. Yokota, Y., & Naruse, Y. (2015). Phase coherence of auditory steady-state response reflects the amount of cognitive workload in a modified N-back task. *Neuroscience Research*, 100, 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2015.06.010>





83. Latvijas Universitātes
starptautiskā zinātniskā
konference 2025



Paldies!



Aperiodiskā līkne - papildinformācija

- **Lēzenāka līkne – sliktāka inhibēšana zemajās frekvencēs** (alfa (8-13Hz), teta (4-8Hz)) → **tas paaugstina jaudu augstajās frekvencēs** (beta(13-30 Hz) , gamma (30-100 Hz))
- **Normāli** – augstās frekvences (beta, gamma) tiek aktivizētas pie kognitīvās slodzes, kontrolētās aktivitātes
- Bet zemās frekvences (alfa, teta) – vairāk miera stāvokļos
- **Ja pārāk augsta aktivācija miera stāvoklī ir augstajām frekvencēm = sliktāka regulācija**