

Artikel Penelitian

Peran Analisis Suara dalam Deteksi Dini Kognitif pada Lansia: Studi Pendahuluan

The Role of Voice Analysis in Early Cognitive Detection in Elderly: A Preliminary Study

Paskalis Adhitya¹, Novelya Indrawan¹, Feryandinata Indrajaya², Michael Yauw², Andrea Tirta Wening¹, Kevin Kristian¹

¹Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Unika Atma Jaya, Jakarta; Indonesia

²Fakultas Teknik Unika Atma Jaya, Jakarta, Indonesia

Korespondensi ditujukan kepada Kevin Kristian; kevin.kristian@atmajaya.ac.id

Editor Akademik: Dr. dr. Gea Pandhita, Sp.S, M.Kes

Hak Cipta © 2025 Paskalis Adhitya dkk. Ini adalah artikel akses terbuka yang didistribusikan di bawah Creative Commons Attribution License, yang mengizinkan penggunaan, distribusi, dan reproduksi tanpa batas dalam media apa pun, asalkan karya aslinya dikutip dengan benar.

ABSTRACT

Introduction: The increase in life expectancy makes the cognitive abilities of the elderly important. The need for a rapid diagnosis of cognitive impairment renders the currently available instruments inadequate. Standardization of the use of voice analysis for cognitive assessment is required for quick diagnosis.

Aim: To determine the relationship between voice components and cognitive impairment in the elderly.

Methods: A descriptive and analytical cross-sectional study was conducted on elderly individuals over 60 years old who did not have visual or hearing impairments. Cognitive assessment using MoCA-INA was performed on 107 elderly individuals who met the inclusion criteria and were categorized into normal and cognitively impaired groups.

Results: The majority of the study respondents were aged 61-70 years (57.9%), not frail (93.5%), had multimorbidity (60.74%), had a habit of exercising (66.4%), and had a formant frequency 1 (F1) of the vowel /e/ <500.9 Hz (50.5%). Univariate analysis showed that F1 of the vowel /e/ had very high variability (107041.294), and the compare means analysis showed a significant relationship ($p=0.034$).

Discussion: Most of the elderly in this study did not have cognitive impairment. There was a relationship between F1 of the vowel /e/ and cognitive impairment at a MoCA-INA cut-off score of 22. There was no relationship between age, exercise habits, multimorbidity, fundamental frequency of the vowels /a/ and /e/, amplitude of the vowels /a/ and /e/, F1 and F2 of the vowel /a/, and F2 of the vowel /e/.

Keywords: cognitive impairment, elderly, formant 1 (F1), voice analysis

ABSTRAK

Pendahuluan: Peningkatan angka harapan hidup membuat pentingnya kemampuan kognitif lansia. Kebutuhan diagnosis hendaya kognitif dengan waktu cepat membuat instrumen yang tersedia saat ini menjadi tidak sesuai. Standarisasi dari penggunaan analisis suara untuk penilaian kognitif dibutuhkan untuk diagnosis yang cepat.

Tujuan: Mengetahui hubungan komponen suara dengan hendaya kognitif pada lansia.

Metode: Penelitian potong lintang yang bersifat deskriptif dan analitik pada lansia usia ≥ 60 tahun yang tidak memiliki gangguan penglihatan dan pendengaran. Dari total 107 lansia yang memenuhi kriteria inklusi akan dilakukan pemeriksaan kognitif menggunakan MoCA-INA dan dikategorikan menjadi kelompok normal dan dengan hendaya kognitif.

Hasil: Sebagian besar responden penelitian berusia 61 – 70 tahun (57,9%), tidak rapuh (93,5%), memiliki multimorbiditas (60,74%), memiliki kebiasaan berolahraga (66,4%) dan memiliki frekuensi formant 1 (F1) vokal /e/ $\leq 500,9$ Hz (50,5%). Hasil analisis univariat menunjukkan F1 vokal /e/ dengan variabilitas yang sangat tinggi (107041,294) dan analisis *compare means* pada F1 vokal /e/ dengan hubungan yang signifikan ($p=0,034$).

Diskusi: Sebagian besar lansia pada penelitian ini tidak memiliki hendaya kognitif. Terdapat hubungan antara F1 vokal /e/ dengan hendaya kognitif pada cut-off skor MoCA-INA 22. Tidak terdapat hubungan antara usia, kebiasaan olahraga, multimorbiditas, frekuensi fundamental vokal /a/ dan /e/, amplitudo vokal /a/ dan /e/, F1 dan F2 vokal /a/, serta F2 vokal /e/.

Keywords: analisis suara, formant 1 (F1), hendaya kognitif, lansia

1. Pendahuluan

Pemerintah Indonesia menaruh perhatian pada kesejahteraan lansia, sebagaimana tercantum pada Peraturan Presiden Nomor 88

Tahun 2021 tentang Strategi Nasional Kelanjutan.^[1] Perkembangan teknologi kesehatan yang semakin maju membuat peningkatan pada angka harapan hidup manusia. Angka harapan hidup yang semakin tinggi menyebabkan terjadinya pergeseran

demografi pada berbagai negara, termasuk di Indonesia. Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan piramida demografi di Indonesia dengan proporsi usia lanjut mencapai 10% dari seluruh populasi dengan total 18.6 juta jiwa. Peningkatan populasi usia diperhitungkan akan mencapai hingga 20% pada tahun 2045. Hal ini tidak sebanding dengan kemampuan usia yang ditunjukkan melalui peningkatan jumlah lansia disabilitas yang ditemukan dua kali lebih banyak dibandingkan dengan jumlah lansia yang tidak mengalami disabilitas.^[2]

Hendaya kognitif merupakan salah satu aspek yang sering terjadi pada individu lanjut usia. Hendaya kognitif dapat diartikan sebagai gangguan kognitif yang mengganggu fungsi individu dan menyebabkan individu tidak dapat berfungsi secara normal.^[3] Secara umum, prevalensi hendaya kognitif di dunia ditemukan 5,1% hingga 41%^[4] sementara di Indonesia ditemukan sebesar 17%.^[5]

Instrumen diagnosis hendaya kognitif saat ini sudah digunakan di Indonesia, yaitu *Mini-Mental State Examination* (MMSE) dan *Montreal Cognitive Assessment* versi Indonesia (MoCA-INA). Penggunaan instrumen tersebut menggunakan tenaga yang terlatih dan waktu pemeriksaan yang cukup lama. Keterbatasan karena penyakit tertentu, seperti stroke dan penyakit Parkinson juga dapat menjadi hambatan dalam penggunaan instrumen tersebut pada bagian yang digunakan untuk menilai kemampuan menulis dan membaca.^[6] Keterbatasan instrumen tersebut tidak sesuai dengan kebutuhan pemeriksaan di tingkat komunitas yang memerlukan waktu pemeriksaan yang cepat tetapi tepat untuk mendiagnosis hendaya kognitif.

Beberapa penelitian sebelumnya telah memberikan alternatif untuk pemeriksaan neuropsikologis yang lebih cepat, salah satunya menggunakan pengenalan atau analisis suara.^[7-9] Meskipun demikian, belum terdapat standar yang diterapkan pada metode pemeriksaan ini dan belum ada yang menjelaskan keterkaitannya dengan kemampuan kognitif individu, namun salah satu hipotesis yang bisa diambil yakni karena adanya penurunan kemampuan berbahasa pada individu dengan hendaya kognitif.

Penapisan hendaya kognitif dengan menggunakan instrumen yang sederhana, namun tepat sasaran sangat penting untuk masa yang akan datang, khususnya pada level komunitas. Instrumen saat ini, yaitu MOCA dan MMSE, masih memiliki keterbatasan apabila dilakukan pada level komunitas yang mengandalkan layanan primer dan komunitas, seperti posbindu dan posyandu lansia. Oleh sebab itu, penelitian ini nantinya sangat memiliki manfaat untuk menapis hendaya kognitif lansia pada level komunitas sehingga pencegahan lebih dini dapat dilakukan.

2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat hubungan analisa data suara dengan kejadian hendaya kognitif pada lansia.

3. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitis dengan desain studi potong lintang pada bulan Januari 2024 – Juli 2024. Populasi penelitian ini adalah lansia dengan usia ≥ 60 tahun. Sampel penelitian ini adalah lansia ≥ 60 tahun pada komunitas Jakarta dan Tangerang yang dapat berbahasa Indonesia dengan baik, tidak ada masalah pendengaran dan penglihatan dan dapat memberikan persetujuan secara mandiri.

Variabel yang digunakan sebagai variabel bebas adalah kebiasaan olahraga, riwayat penyakit dahulu, *frail scale*, data analisis suara, yaitu frekuensi fundamental, amplitudo suara, formant 1 dan formant 2 yang diambil dari vokal /a/ dan /e/. Semua komponen data suara akan dilakukan analisis menggunakan perangkat lunak PRAAT®. Kebiasaan olahraga dihitung berdasarkan rata-rata frekuensi dalam seminggu. *Frail Scale* dinilai berdasarkan kuesioner *frail* yang menilai resistensi, aktivitas, jumlah penyakit, usaha berjalan dan penurunan berat badan. Riwayat penyakit dahulu merupakan penyakit yang diderita oleh responden dengan diagnosis oleh dokter.

Variabel terikat pada penelitian ini adalah fungsi kognitif. Penilaian fungsi kognitif menggunakan instrumen MoCA-INA yang dipandu oleh tenaga terlatih dengan skor *cut-off* menggunakan skor rerata dari total responden. Hal ini bertujuan untuk mencari *cut-off point* yang berhubungan dengan partikel analisis suara, mengingat ini merupakan studi pendahuluan. Kedua data variabel akan diambil bersamaan dalam satu waktu bersamaan dengan beberapa data karakteristik lainnya.

Analisis data dilakukan secara univariat dan bivariat. Uji statistik yang digunakan adalah tes t-independen untuk membandingkan rerata besar pengukuran partikel analisis suara antara kelompok dengan dan tanpa hendaya kognitif. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Unika Atma Jaya No.: 18/05/KEP-FKIKUAIJ/2024.

4. Hasil

Karakteristik usia pada lansia ini adalah 68.65 ± 6.397 dengan frekuensi usia ≤ 60 tahun sebanyak 7,5%, usia 71 – 80 tahun sebanyak 28%, usia ≥ 81 tahun sebanyak 6,5% dan terbanyak pada usia 61 – 70 tahun sebanyak 57,9%. Dari total 107 lansia, sebesar 64,48% diantaranya mengalami hendaya kognitif yang dinilai berdasarkan skor MoCA-INA sebesar 22. Mayoritas responden memiliki multimorbiditas (58%), tidak *frailty* (93,5%), memiliki kebiasaan untuk berolahraga (71%), dan memiliki *cut-off* nilai formant 1 vokal /e/ $\leq 500,9$ Hz. (Tabel 1).

Hasil analisis univariat menunjukkan rerata skor MoCA-INA adalah sebesar 23,88. Analisis pada masing-masing komponen data suara juga telah dilakukan dan dibagi menjadi delapan variabel, yaitu frekuensi fundamental vokal /a/ dan /e/, amplitudo vokal /a/ dan /e/, serta formant 1 dan formant 2 vokal /a/ dan /e/ (Tabel 2). Hasil analisis univariat menjadi dasar analisa tes t-independen pada kelompok dengan hendaya kognitif dan tanpa hendaya (Tabel 2).

Berdasarkan hasil analisis *compare means* tes t-independen pada hendaya kognitif dengan *cut off* skor Mo-INA 22 menunjukkan adanya terdapat perbedaan signifikan pada variabel formant 1 vokal /e/ dengan $p=0,034$ (Tabel 3).

5. Pembahasan

Batas skor untuk penilaian kognitif pada penelitian ini menggunakan skor batas MoCA-INA 22. Penggunaan skor batas 22 mengacu penelitian oleh Yeung et al. yang menggunakan skor batas 22 pada skor MoCA versi HongKong. Penelitian tersebut menunjukkan penggunaan skor 22 sebagai sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi untuk mendeteksi gangguan kognitif.^[10] Jung et al. juga menyatakan hal serupa bahwa skor batas MoCA-INA 22 setara dengan skor 26 pada MMSE dan dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan kognitif ringan dan demensia terkait penyakit Parkinson.^[11]

Pada 107 responden penelitian, sebagian besar berusia 61 – 70 tahun (57,9%) dengan 37,1% mengalami gangguan kognitif. Persentase terbesar jangkauan usia dengan hendaya kognitif adalah pada usia ≥ 81 tahun. Variabel usia pada penelitian ini tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan hendaya kognitif. Pernyataan tersebut didukung dengan penelitian Deary et al. yang menyebutkan bahwa hendaya kognitif dapat terjadi karena variabel ketiga selain usia. Penelitian tersebut menyatakan usia hanya memainkan sedikit kemampuan mental, seperti kemampuan verbal dan numerik tetapi adanya penurunan kognitif dapat terjadi sejak usia paruh baya atau dini.^[12]

Frailty dapat memengaruhi kemampuan memori dan menurunkan tingkat kognitif.^[13] Hal ini tidak sesuai dengan temuan pada penelitian ini yang dapat diakibatkan oleh kurangnya sebaran data pada kelompok yang memiliki *frailty* (6,5%). Meskipun banyak penelitian yang menyatakan adanya hubungan signifikan antara *frailty* dan hendaya kognitif, terdapat kesimpulan yang menyatakan kompleksitas dari hubungan tersebut dan perlu pertimbangan variabel lain dalam hubungan tersebut.^[14]

Multimorbiditas merupakan kondisi adanya dua atau lebih kondisi kesehatan kronik secara fisik atau mental, seperti diabetes dan skizofrenia.^[15] Kondisi kesehatan kronik pada penelitian ini adalah diabetes mellitus, hipertensi, penyakit jantung, penyakit Alzheimer, penyakit keganasan, gangguan pendengaran, gangguan penglihatan, dan gangguan daya ingat. Pada penelitian ini ditemukan tidak terdapat hubungan antara multimorbiditas dengan kemampuan kognitif. Hal ini berlawanan dengan penelitian lain yang menunjukkan hubungan signifikan antara kedua variabel tersebut. Perbedaan temuan ini dimungkinkan karena adanya kombinasi penyakit spesifik yang membuat dampak signifikan fungsi kognitif dibandingkan dengan penyakit lainnya.^[16]

Suara dan pola ucapan dari setiap individu akan berbeda dan dikategorikan menjadi beberapa data suara, seperti tinggi rendahnya suara yang dinilai berdasarkan frekuensi suara dalam satuan *hertz* (Hz).^[17] Forman dari huruf vokal juga dapat menjadi salah satu data dari analisis suara. Forman adalah frekuensi yang menonjol dari spektrum suara untuk membedakan huruf vokal yang dapat berbeda antar individu. Forman 1 (F1) merupakan frekuensi yang berbanding dengan tinggi vokal. Semakin tinggi frekuensi F1, semakin rendah tinggi nada vokal. Forman 2 (F2) merupakan derajat keterbelakangan suatu vokal yang dipengaruhi oleh bentuk bibir ketika seorang individu berbicara. Semakin tinggi frekuensi F2, semakin depan bentuk suatu vokal. Forman 3 (F3) merupakan gambaran frekuensi dengan bentuk bibir saat sedang mengucapkan vokal. Semakin rendah frekuensi F3, maka semakin bulat bentuk bibir.^[18]

Penelitian ini menunjukkan bahwa pada analisis univariat, skor MoCA-INA memiliki rerata 23,88 dengan variabilitas yang cukup rendah. Faktor analisis data suara lainnya menunjukkan hasil yang beragam. Variabilitas terlihat sangat tinggi pada variabel forman 2 vokal /e/ dengan rerata 2028,624 Hz. Variabilitas yang rendah terlihat pada variabel amplitudo vokal /a/ dan /e/ sedangkan pada variabel lainnya memiliki variabilitas yang

cukup tinggi. Tingkat variabilitas ini menyebabkan perbedaan pada hasil *compare means* tes t-independen yang dilakukan pada seluruh variabel data suara yang dihubungkan dengan kemampuan kognitif dengan skor batas MoCA-INA 22.

Hasil analisis perbandingan rerata dari tes t-independen menunjukkan hanya F1 vokal /e/ yang menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok normal dan kelompok dengan hendaya kognitif ($p = 0,034$). Penelitian Lin et al. menyatakan bahwa F1 dan F2 dapat menjadi faktor prediktor untuk memperkirakan risiko *frailty* pada individu.¹⁹ Hasil lainnya dari penelitian ini adalah variabel frekuensi fundamental vokal /a/ dan /e/, amplitudo vokal /a/ dan /e/, serta forman 1 dan 2 vokal /a/ dan forman 2 vokal /e/ tidak menunjukkan hubungan yang signifikan antara 2 kelompok. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian oleh Cordella dan Palloti^[20] yang menunjukkan adanya hubungan antara analisis frekuensi fundamental dengan kondisi kesehatan individu. Frekuensi fundamental secara normal berada pada jangkauan 100 Hz hingga 250 Hz. Penelitian Saloni et al.^[21] menyatakan terdapat adanya perbedaan signifikan yang ditemukan pada variabel amplitudo pada kelompok lansia yang menderita Parkinson. Meskipun terdapat beberapa penelitian yang menyatakan adanya hubungan suara atau komponen data suara dengan kondisi kesehatan atau penyakit tertentu, belum ada penjelasan yang menyatakan bagaimana masing-masing data suara tersebut dapat memengaruhi kondisi kesehatan ataupun kemampuan kognitif individu.

Penelitian ini memiliki beberapa limitasi. Pertama, responden yang *immobile* tidak terjangkau dikarenakan tempat pengambilan data memerlukan responden untuk datang. Hal ini penting karena lansia *immobile* berpotensi memiliki gangguan kognitif lebih berat. Kedua, pengambilan data analisis suara belum mempertimbangkan presisi dari alat yang digunakan. Presisi ini menjadi penting karena perubahan pola frekuensi yang bisa terjadi jika rekaman suara dalam jumlah banyak. Ketiga, faktor-faktor lain bisa dikaji lebih lanjut sehingga analisis data dapat lebih bervariasi.

Tabel 1. Karakteristik Responden dan Hubungannya dengan Kemampuan Kognitif Normal dan Hendaya Kognitif (n=107)

Variabel	n (%)	Kemampuan Kognitif		x ²	p
		Normal n=69 (64,5)	Gangguan n=38 (35,5)		
Usia					
≤ 60 tahun	8 (7,5)	4 (50,0)	4 (50,0)	4,174	0,243
61-70 tahun	62 (57,9)	39 (62,9)	23 (37,1)		
71-80 tahun	30 (28,0)	23 (76,7)	7 (23,3)		
≥ 81 tahun	7 (6,5)	3 (42,9)	4 (57,1)		
Frailty					
Ya	7 (6,5)	4 (57,1)	3 (42,9)	0,176	0,675
Tidak	100 (93,5)	65 (65,0)	35 (35,0)		
Multimorbiditas					
Ya	62 (60,74)	44 (71,0)	18 (29,0)	2,704	0,100
Tidak	45 (42,06)	25 (55,6)	20 (44,4)		
Kebiasaan Olahraga					
Ya	71 (66,4)	43 (60,6)	28 (39,4)	1,418	0,234
Tidak	36 (33,6)	26 (72,2)	10 (27,8)		
F1 Vokal /e/					
≤500.9	54 (50,5)	40 (74,1)	14 (25,9)	4,376	0,036
>501	53 (49,5)	29 (54,7)	24 (45,3)		

*Uji Chi-Square

Tabel 2. Hasil Analisis Univariat Variabel Dependen dan Independen (n=107)

Variabel	Rerata	SD	Varians
Skor MOCA-INA	23,88	3,423	11,720
Fundamental Frekuensi Vokal /a/	166,199	47,797	2284,541
Amplitudo Vokal /a/	55,582	5,680	32,271
F1 Vokal /a/	747,294	103,788	10772,024
F2 Vokal /a/	1384,735	150,872	22762,438
Fundamental Frekuensi Vokal /e/	184,117	75,582	5712,593
Amplitudo Vokal /e/	58659	5,951	36,409
F1 Vokal /e/	509,784	66,873	4472,0
F2 Vokal /e/	2028,624	327,172	107041,294

*SD: standar deviasi

Tabel 3. Rerata Variabel Komponen Suara dengan Variabel Kognitif (n=107)

Variabel	t	df	p	Rerata	SE	95% IK
Fundamental Frekuensi Vokal /a/	0,062	55,207	0,951	0,6760	10,8863	-21,1388 – 22,4907
Amplitudo Vokal /a/	0,760	105	0,449	0,8743	1,1499	-1,4056 – 3,1543
F1 Vokal /a/	-0,129	105	0,898	-2,7143	21,0644	-44,4810 – 39,0524
F2 Vokal /a/	-1,109	105	0,270	-33,7685	30,4448	-94,1350 – 26,5980
Fundamental Frekuensi Vokal /e/	1,564	105	0,121	23,7195	15,1652	-6,3503 – 53,7894
Amplitudo Vokal /e/	1,244	105	0,216	1,4910	1,1990	-0,8863 – 3,8684
F1 Vokal /e/	-2,142	105	0,034	-28,4641	13,2860	-54,8078 – -2,1204
F2 Vokal /e/	-0,371	105	0,711	-24,6515	66,3627	-156,2365 – 106,9336

*Uji t-independen dengan perbandingan rerata; SE: standar error; IK: interval kepercayaan

6. Kesimpulan

Terdapat hubungan antara F1 vokal /e/ dengan hendaya kognitif. Tidak terdapat hubungan antara usia, kebiasaan olahraga, multimorbiditas, frekuensi fundamental vokal /a/ dan /e/, amplitudo vokal /a/ dan /e/, F1 dan F2 vokal /a/, serta F2 vokal /e/.

7. DaftarPustaka

- [1] Perpres No. 88 Tahun 2021 [WWW Document], 2021. Database Peraturan | JDIH BPK.
- [2] Badan Pusat Statistik, 2022. Statistik penduduk lanjut usia. Jakarta.
- [3] Dhakal, A., Bobrin, B., 2023. Cognitive Deficits. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- [4] Baldwin, T., Seddon, H., Demellweek, C., Hughes, B., Fishwick, S., 1998. Cognitive deficits, in: Management of Brain-Injured Children. Oxford University PressNew York, NY, pp. 130–166. <https://doi.org/10.1093/oso/9780192627940.003.0008>
- [5] Rismawaty, R., Adioetomo, S.M., 2021. Determinants of Cognitive Impairment among The Elderly in Indonesia. Jurnal Berkala Kesehatan 7, 29. <https://doi.org/10.20527/jbk.v7i1.9786>
- [6] Oyama A, Takeda S, Ito Y, Nakajima T, Takami Y, Takeya Y, et al. Novel method for rapid assessment of cognitive impairment using high-performance eye-tracking technology. Scientific Reports. 2019 Sept 10;9(1). doi:10.1038/s41598-019-49275-x
- [7] Liu, Z., Yang, Z., Gu, Y., Liu, H., Wang, P., 2021. The effectiveness of eye tracking in the diagnosis of cognitive disorders: A systematic review and meta-analysis. PLoS One 16, e0254059. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254059>
- [8] Toth, L., Hoffmann, I., Gosztolya, G., Vincze, V., Sztatloczki, G., Banreti, Z., Pakaski, M., Kalman, J., 2018. A Speech Recognition-based Solution for the Automatic Detection of Mild Cognitive Impairment from Spontaneous Speech. Curr Alzheimer Res 15, 130–138. <https://doi.org/10.2174/1567205014666171121114930>
- [9] Wolf, A., Tripanpitak, K., Umeda, S., Otake-Matsuura, M., 2023. Eye-tracking paradigms for the assessment of mild cognitive impairment: a systematic review. Front Psychol 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1197567>
- [10] Yeung PY, Wong LL, Chan CC, Yung CY, Leung LJ, Tam YY, et al. Montreal Cognitive Assessment — Single Cutoff Achieves Screening Purpose. Neuropsychiatric Disease and Treatment. 2020 Nov;Volume 16:2681–7. doi:10.2147/ndt.s269243
- [11] Jung YI, Jeong EH, Lee H, Seo J, Yu H-J, Hong JY, et al. Validation of MOCA-MMSE conversion scales in Korean patients with cognitive impairments. Dementia and Neurocognitive Disorders. 2018;17(4):148. doi:10.12779/dnd.2018.17.4.148
- [12] Deary IJ, Corley J, Gow AJ, Harris SE, Houlihan LM, Marioni RE, et al. Age-associated cognitive decline. British Medical Bulletin. 2009 Dec 1;92(1):1–5. doi:10.1093/bmb/ldp041
- [13] Karanth S, Braithwaite D, Katsumata Y, Duara R, Norrod P, Aukhil I, Abner E. Association of physical frailty and cognitive function in a population-based cross-sectional study of American older adults. Gerontology. 2024 Jan 15;70(1):48–58.
- [14] Kiiti Borges M, Oiring de Castro Cezar N, Silva Santos Siqueiral A, Yassuda M, Cesari M, Aprahamian I. The Relationship Between Physical Frailty and Mild Cognitive Impairment in the Elderly: A Systematic Review. The Journal of Frailty & Aging. 2019;8:192–7. doi:10.14283/jfa.2019.29
- [15] Skou ST, Mair FS, Fortin M, Guthrie B, Nunes BP, Miranda JJ, Boyd CM, Pati S, Mtenga S, Smith SM. Multimorbidity. Nat Rev Dis Primers. 2022 Jul 14;8(1):48. doi: 10.1038/s41572-022-00376-4.
- [16] Álvarez-Gálvez J, Ortega-Martín E, Carretero-Bravo J, Pérez-Muñoz C, Suárez-Lledó V, Ramos-Fiol B. Social determinants of multimorbidity patterns: A systematic review. Frontiers in Public Health. 2023 Mar 27;11. doi:10.3389/fpubh.2023.1081518
- [17] Dasgupta PB. Detection and analysis of human emotions through voice and speech pattern processing. International Journal of Computer Trends and Technology. 2017 Oct 25;52(1):1–3. doi:10.14445/22312803/ijctt-v52p101
- [18] Our Praat Manual [Internet]. [cited 2024 Jul 20]. Available from: https://corpus.eduhk.hk/english_pronunciation/index.php/our-praat-manual/
- [19] Lin Y-C, Yan H-T, Lin C-H, Chang H-H. Predicting frailty in older adults using vocal biomarkers: A cross-sectional study. BMC Geriatrics. 2022 Jul 1;22(1). doi:10.1186/s12877-022-03237-7
- [20] Cordella F, Paffi A, Pallotti A. Classification-based screening of parkinson's disease patients through voice signal. 2021 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA). 2021 Jun 23;1–6. doi:10.1109/memea52024.2021.9478683
- [21] Saloni, Sharma RK, Gupta AnilK. Processing and analysis of human voice for assessment of parkinson disease. Journal of Medical Imaging and Health Informatics. 2016 Feb 1;6(1):63–70. doi:10.1166/jmihi.2016.1582