

ხმის ტალღების სწავლის ეფექტი EMG სიგნალებზე ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით

უზომა დივინელოვა მოსეს ოზუომბა, ზვიად ღურჯაია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი

ხმა არის ენერგია (Raghu, 2018; Choi, Jung, & Kang, 2019) ან ვიბრაცია, რომელსაც შეუძლია ადამიანის სხეულში გავრცელება ხმის ტალღების სახით, და ამ ხმის ტალღებს აქვს როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი გავლენა ადამიანების ფიზიკურ და გონებრივ კეთილდღეობაზე (Bass & Clark, 2003; World Health Organization, 2018, 2018; ხმის ტალღების ამ პოზიტიურმა ან უარყოფითმა ეფექტებმა შეიძლება გამოიწვიოს თერაპიული ან პათოლოგიური ეფექტები, ამიტომ ჩვენი მიზანია შევქმნათ AI-ზე დაფუძნებული მოდელი, რათა გამოავლინოს და წინასწარ განსაზღვროს თერაპიული ხმის სიხშირეები და ამპლიტუდები ჯანმრთელობის ინდივიდუალური საჭიროებიდან გამომდინარე. ჩვენი კვლევა მიზნად ისახავს ხელოვნური ინტელექტის (AI) დაფუძნებული მოდელის შემუშავებას, რათა აღმოაჩინოს ადამიანის კუნთების რეაქცია სხვადასხვა ხმის სიხშირეზე და ამპლიტუდაზე. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით, ჩვენ შევძელით დამედგინა განსხვავება EMG სიგნალებს შორის, რომლებიც ჩაწერილია მოხალისეებისგან ხმის ტალღების სხვადასხვა გამოყენების დროს. ეს ნიშნავს, რომ ადამიანის კუნთები რეაგირებენ სხვადასხვა ხმოვან სიგნალებზე და განსხვავებულად რეაგირებენ.

საკვანძო სიტყვები: ხმის ტალღები, ხმის თერაპია, ხმით მკურნალობა, ხმის სიხშირის გენერატორი, სიხშირე, ამპლიტუდა, 432Hz, 440Hz, 880Hz, 1320Hz, 30dB, 60dB, 90dB, რთული ტონალობა, ჰარმონიული ტონები, ოქტავა, CleveLab-ის ლაბორატორია, მანქანური სწავლება, Matlab.

შესავალი

ხმის ტალღა აღწერილია თანაბრად მისი სიხშირეებითა და ამპლიტუდებით (Katz, Clavijo, Rizk, & Ramasamy, 2019). სიხშირის დიაპაზონი, რომელშიც ზრდასრულ ადამიანებს შეუძლიათ ბგერების ამოცნობა და მოსმენა, არის 20 ჰც-დან 20 000 ჰც-მდე (20 ჰც-დან 20 კჰც-მდე), განსხვავებით ჩვილებისგან, რომელთა სიხშირე ოდნავ აღემატება 20 კჰც-ს და როდესაც ეს

ჩვილები იზრდებიან, ისინი კარგავენ გარკვეულ მგრძნობელობას მაღალი სიხშირის მიმართ (Naz & Friedman, 2020; Luengrungrus, Thanawirattananit, & Teeramatwanich, 2024; Prell, Spankovich, Lobarinas, & Griffiths, 2014). ხმის ამპლიტუდის დონე 70 dB ან ნაკლები წელიწადში ოცდაოთხი საათის განმავლობაში უსაფრთხოა ადამიანისთვის (Fink, 2017), და ადამიანს შეუძლია უსაფრთხოდ მოუსმინოს 80 dB ხმის ამპლიტუდას კვირაში 40 საათის განმავლობაში, მაგრამ თუ ხმის ამპლიტუდის დონეა 90 dB, უსაფრთხოების დონე 4 საათამდე მცირდება (WHO, 2024); გარდა ამისა, 80 dB ამპლიტუდის ზემოქმედება ბევრ ადამიანს არ უქმნის რისკს, მაგრამ 85 dB წარმოადგენს ჯანმრთელობის უმნიშვნელო რისკს, ხოლო 90 dB და ზემოთ წარმოადგენს ჯანმრთელობის მნიშვნელოვან რისკს, როგორცაა სმენის დაკარგვა (Lutman, 2000).

440 ჰც სიხშირე გამოცხადდა სტანდარტული სიმაღლის ან საცნობარო სიხშირედ, რომელზედაც მუსიკალურ ინსტრუმენტებს აყენებდნენ 1939 წელს (Gribenski, 2023; Piilonen, 2024). მიუხედავად ამ მტკიცებისა, ზოგიერთ მეცნიერს და თეორეტიკოსს მაინც ურჩევნია 432 Hz სიხშირე მისი თერაპიული ეფექტის გამო, რაც უფრო დამაკმაყოფილებელია მოხალისე სუბიექტებისათვის, იწვევს მათ ფოკუსირებას, უკეთ მართავს მათ შფოთვის და სტრესს და ოდნავ ამცირებს მათ საშუალო სისტოლურ და დიასტოლურ არტერიულ წნევას, საშუალო გულისცემას და საშუალო სუნთქვის სიხშირეს 440 Hz -თან შედარებით (Calamassi & Pomponi, 2019; Calamassi, et al., 2022). რადგან სიხშირეები 880 Hz და 1320 Hz არის ფუნდამენტური "A" ტონის ჰარმონიული ზეტონი, 440 Hz -ამ ფუნდამენტური ტონის ჯერადია (Franken, 2024), კერძოდ 880 Hz არის არა მხოლოდ ოქტავა, არამედ უფრო მაღალია ვიდრე 440 Hz (Chasin, 2014; StackExchange, 2016), ის A5 მუსიკალური ნოტია, რომელიც ადამიანებზე მოქმედებს როგორც დეტოქსი, აუმჯობესებს სისხლის მიმოქცევას და ასტიმულირებს იმუნურ თავდაცვის მექანიზმებს ინფექციებისგან, რითაც ხელს უწყობს ჭრილობების შეხორცებას ფილტვებში და მთელ სხეულში (Tucker, 2025). გარდა იმისა, რომ ეს სიხშირეები 440 Hz - ფუნდამენტური სიხშირის ჯერადებია, (Fishman, Michéyl and Steinschneider 2013), 880 Hz და 1320 Hz სიხშირეებს, 440 Hz-თან ერთად უწოდებენ კომპლექსურ ტონს.

მიზანი

ჩვენი კვლევა მიზნად ისახავს ხელოვნური ინტელექტის (AI) მოდელის დიზაინის შექმნას, რომელიც დაფუძნებული იქნება ადამიანის კუნთების რეაქციების გამოვლენაზე, სხვადასხვა ხმის სიხშირისა და ამპლიტუდის შემთხვევაში.

მასალები და მეთოდები

ჯანსაღმა მოხალისეებმა გაიარეს ელექტრომიოგრაფიის (EMG) კვლევები ოთახში, სადაც იყო სიჩუმე და ხმის ტალღები სხვადასხვა სიხშირითა და ამპლიტუდით. EMG მონაცემების შესაგროვებლად გამოვიყენეთ CleveLab სისტემა ხუთი ელექტროდით, ხმის სიხშირის გენერატორის აპლიკაცია ჩაშენებული ამპლიტუდის მრიცხველით და გამამდიერებლით. CleveLab სისტემა გვამღევს საშუალებას მივიღოთ მონაცემები როგორც გრაფიკული, ასევე რიცხვითი ფორმით. AI მოდელის შესაქმნელად გამოვიყენეთ რიცხვითი მონაცემები.

თითოეულ მოხალისეს იდაყვის ძვალზე და ბიცეპსზე და მაჯის გამშლელ კუნთებზე დაეუმარგეთ ელექტროდები. ჩანაწერები გაკეთდა დუმილის დროს (3-ჯერ) და ოთხი განსხვავებული სიხშირით: 432 ჰც, 440 ჰც, 880 ჰც, 1320 ჰც თითოეული სამი განსხვავებული ამპლიტუდით: 30 დეციბელი, 60 დეციბელი, 90 დეციბელი. (ცხრილი 1). ჩანაწერების ხანგრძლივობა იყო 5 წამი.

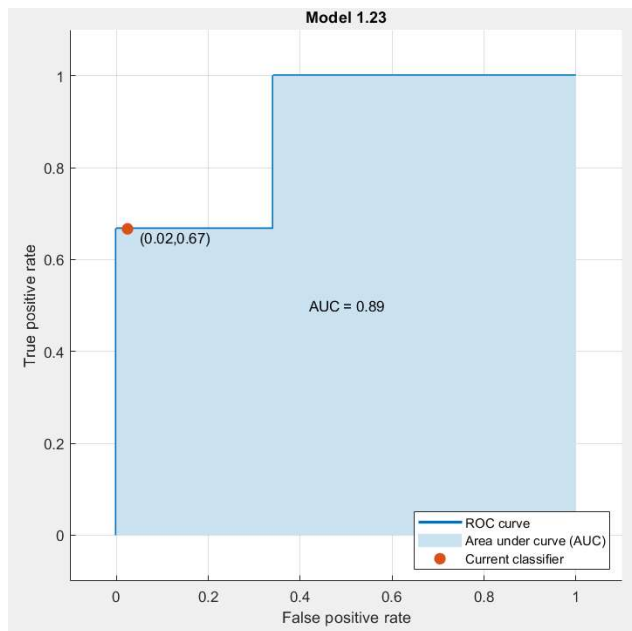
ცხრილი 1

Frequency (Hz)	432			440			880			1320		
Amplitude (dB)	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90

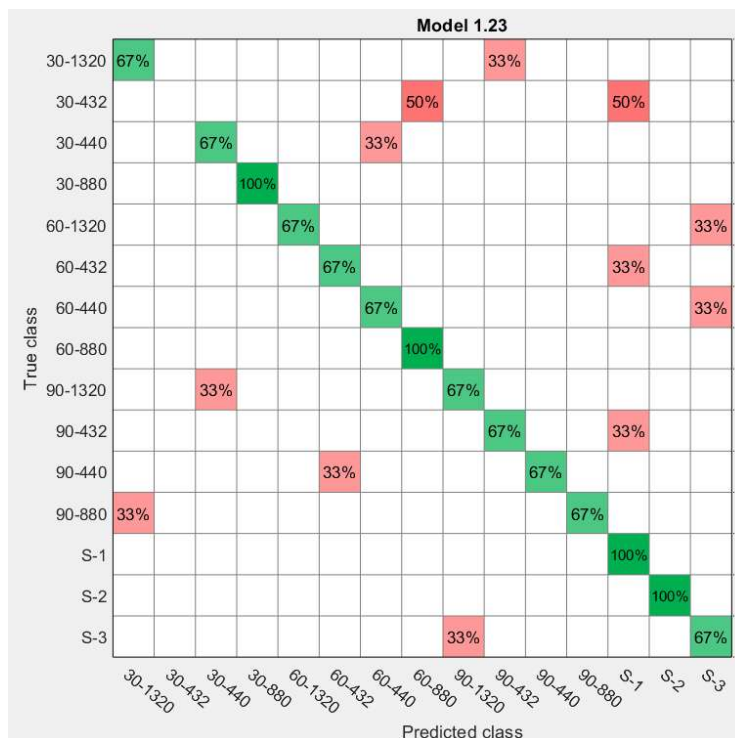
თითოეული ჩანაწერი შეიცავდა გრაფიკულ და ციფრულ EMG მონაცემებს. ჯანდაცვის პროფესიონალმა შეისწავლა გრაფიკის მონაცემები, რათა ეპოვა განსხვავებები EMG გრაფიკებს შორის. მანქანური სწავლების მოდელი გაკეთდა Matlab პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით. ვინაიდან ჩვენ გვქონდა მარკირებული მონაცემები, გამოვიყენეთ კლასიფიკაციის მეთოდი Matlab Tools-Classification Learner-ის გამოყენებით. მონაცემების წინასწარი დამუშავების შემდეგ ჩვენ მოვამზადეთ მოდელი სხვადასხვა სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით.

შედეგები

მონაცემების ჩაწერის შემდეგ დუმილის რეჟიმში და სხვადასხვა სიხშირეებისა და ამპლიტუდების გამოყენების შემდეგ შევადგინეთ რიცხვითი და გრაფიკული მონაცემები. ჯანდაცვის პროფესიონალს არ აღმოუჩენია განსხვავება გრაფიკულ EMG მონაცემებს შორის. ჩვენ ავაგეთ ხელოვნური ინტელექტის მოდელი რიცხვითი მონაცემების გამოყენებით და მოვამზადეთ იგი სხვადასხვა სტატისტიკური მეთოდებით. სხვადასხვა მოდელებმა აჩვენეს განსხვავებული სიზუსტე. საუკეთესო შედეგები მიღწეული იქნა **Subspace KNN**-ით შემსწავლელი ტიპით: **Nearest |Neighbors (72%)**. მოდელს შეუძლია უკეთ ამოიცნოს კუნთოვანი EMG სიგნალი, როდესაც ის ჩაწერილია დუმილის რეჟიმში (100%) და განსხვავებული ამპლიტუდების მქონე, კუნთოვანი რეაქცია 880 Hz სიხშირის სიგნალისათვის (100%).



სურათი 1. ჭეშმარიტი დადებითი და მცდარი დადებითი მაჩვენებლები.



სურათი 2. ჭეშმარიტი დადებითი და მცდარი უარყოფითი მაჩვენებლები.

დასკვნა:

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით შესაძლებელია ფარული ინფორმაციის გამოვლენა, რომელიც ხშირად პროფესიონალებისთვისაც კი მიუწვდომელია. ჩვენმა კვლევამ აჩვენა, რომ ჯანდაცვის პროფესიონალსაც კი არ შეუძლია აღმოაჩინოს შაბლონები EMG სურათებს შორის,

რომლებიც ჩაწერილია სხვადასხვა ხმის სიხშირეზე ზემოქმედების დროს, რადგან ასეთი ცვლილებები მინიმალურია. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით ჩვენ შევძელით ამ სიგნალებს შორის სხვაობის პოვნა. ეს ნიშნავს, რომ ადამიანის კუნთები რეაგირებენ სხვადასხვა ხმოვან სიგნალებზე და განსხვავებულად რეაგირებენ. პასუხი 880 ჰც-ზე წარმოუდგენლად მაღალი იყო.

კუნთოვანი ქსოვილი გულის, სისხლძარღვების და საჭმლის მომნელებელი სისტემის მნიშვნელოვანი ნაწილია. კუნთოვანი სისტემა მთლიანობაში მოიცავს გლუვ, გულის და ჩონჩხის კუნთებს და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ენერგიის მეტაბოლიზმში, მხედველობაში, ორგანოთა დაცვაში, იმუნიტეტში, ენდოკრინულ და რეპროდუქციულ ფუნქციაში, გულ-სისხლძარღვთა და რესპირატორულ ფუნქციებში, მობილურობაში, სტაბილურობაში, სხეულის ტემპერატურის რეგულირებაში და ჰომეოსტაზში. ადამიანის კუნთების ყველა ამ სასიცოცხლო როლის და, საბოლოო ჯამში, მათი რეაგირებისა და სხვადასხვა ხმოვანი სიგნალების მიმართ განსხვავებული რეაქციების გამო, ჩვენ მტკიცედ გვჯერა, რომ მეტი ყურადღება უნდა მიექცეს ხმოვანი სიგნალების გავლენას ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

References

- Bass, A. H., & Clark, C. W. (2003). *The Physical Acoustic of Underwater Sound Communication*. Retrieved from Springer Handbook of Auditory Research DOI https://doi.org/10.1007/0-387-22762-8_2 : https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-22762-8_2
- Calamassi, D., & Pomponi, G. P. (2019). Music Tuned to 440 Hz Versus 432 Hz and the Health Effects: A Double-blind Cross-over Pilot Study. *PubMed PMID: 31031095 DOI: 10.1016/j.explore.2019.04.001*.
- Calamassi, D., Vigni, M. L., Fumagalli, C., Gheri, F., Pomponi, G. P., & Bambi, S. (2022). Listening to music tuned to 440 hz versus 432 hz to reduce anxiety and stress in emergency nurses during the Covid-19 pandemic: a double-blind, randomized controlled pilot study. *PMC PubMed Central PMCID: PMC9534204 PMID: 35545982 doi: 10.23750/abm.v93iS2.12915*.
- Chasin, M. (2014, July 22). *The Importance of 1.059 in Music (and Audiology)*. Retrieved from hearingreview: <https://hearingreview.com/practice-building/practice-management/continuing-education/importance-1-059-music-audiology>
- Choi, J., Jung, I., & Kang, C.-Y. (2019). A brief review of sound energy harvesting. *ScienceDirect https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.11.036*.
- Fink, D. J. (2017). What Is a Safe Noise Level for the Public? *PMC PubMed Central PMCID: PMC5308171 PMID: 27925831 editorial Am J Public Health. 2017 Jan;107(1):44–45. doi: 10.2105/AJPH.2016.303527*.
- Fishman, Y. I., Micheyl, C., & Steinschneider, M. (2013). Neural Representation of Harmonic Complex Tones in Primary Auditory Cortex of the Awake Monkey. *PMC PubMed Central*

PMC3685833 PMID: 23785145 J Neurosci. 2013 Jun 19;33(25):10312–10323. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0020-13.2013.

- Franken, E. (2024, November 6). *Overtones and undertones in guitar sound*. Retrieved from chickenpicks: <https://www.chickenpicks.com/overtones-and-undertones-in-guitar-sound/?srsltid=AfmBOoqCBRA2XH1mcFKRzOPRe5AHUcryqOWPArmm2XwI4gFiNLmkwHGE>
- Gribenski, F. (2023). Tuning the World The Rise of 440 Hertz in Music, Science, and Politics, 1859–1955. *The University of Chicago Press*.
- Katz, J. E., Clavijo, R. I., Rizk, P., & Ramasamy, R. (2019). The Basic Physics of Waves, Soundwaves, and Shockwaves for Erectile Dysfunction. *PMC PubMed Central* doi: 10.1016/j.sxmr.2019.09.004.
- Luengrungrus, K., Thanawirattananit, P., & Teeramatwanich, W. (2024). Normative Data of Extended High Frequency Audiometry in Normal Hearing Subjects with Different Aged Groups. *PubMed* PMID: 39727612 PMCID: PMC11674001 DOI: 10.3390/audiolres14060089.
- Lutman, M. E. (2000). What is the risk of noise-induced hearing loss at 80, 85, 90 dB(A) and above? *PubMed* PMID: 10912379 DOI: 10.1093/ocmed/50.4.274.
- Naz, S., & Friedman, T. B. (2020). Growth factor and receptor malfunctions associated with human genetic deafness. *PubMed Epub* 2019 Oct 23. PMID: 31506927 PMCID: PMC8232520 DOI: 10.1111/cge.13641.
- Piilonen, M. (2024). Tuning the World: The Rise of 440 Hertz in Music, Science, and Politics (1859–1955). *ResearchGate Journal of Music Theory* 68(1):194-199 DOI:10.1215/00222909-10974848.
- Prell, C. L., Spankovich, C., Lobarinas, E., & Griffiths, S. K. (2014). Extended High Frequency Thresholds in College Students: Effects of Recreational Noise. *PMC PubMed Central* doi: 10.3766/jaaa.24.8.9.
- Raghu, M. (2018). A Study to Explore the Effects of Sound Vibrations on Consciousness. *Horizontal Research Publishing Corporation* DOI: 10.13189/ijrh.2018.060302.
- Reybrouck, M., Podlipniak, P., & Welch, D. (2019). Music and Noise: Same or Different? What Our Body Tells Us. *PMC PubMed Central* doi: 10.3389/fpsyg.2019.01153.
- StackExchange. (2016, April 7). *A (440 Hz) and A (880 Hz) are completely different sounds to me. Does this mean I'm tone deaf?* Retrieved from Music Practice and Theory: <https://music.stackexchange.com/questions/43335/a-440-hz-and-a-880-hz-are-completely-different-sounds-to-me-does-this-mean>

- Tucker, M. (2025, January 22). *880 Hz for Healing Complete Guide*. Retrieved from Altered Mind Waves: <https://alteredmindwaves.com/880-hz-complete-guide/>
- WHO. (2024, May 29). *Deafness and hearing loss: Safe listening*. Retrieved from who.int/news-room/questions-and-answers: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/deafness-and-hearing-loss-safe-listening>
- World Health Organization. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European region - Executive Summary*. WHO Regional Office for Europe UN City, Marmorvej 51 DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark: World Health Organization Document number: WHO/EURO:2018-3287-43046-60243 WHO-EURO-2018-3287-43046-60243-eng .

Learning Sound Waves' Effects On EMG Signals Using Artificial Intelligence

Uzoma Divinelove Moses Ozuomba¹, Zviad Gurtskaia²

¹MD, MSc, and PhD (in view), Georgian Technical University, Georgia. Email: muozin3@gmail.com;

²MD, PhD, Professor. Georgian Technical University. Email: z.gurtskaia@gtu.ge

Abstract

Sound is an energy (Raghu , 2018; Choi, Jung, & Kang, 2019) or a vibration that can be propagated into human bodies as sound waves and these sound waves have either positive or negative effects on both physical and mental well-being of people (Bass & Clark, 2003; World Health Organization, 2018; Reybrouck , Podlipniak, & Welch, 2019). These positive or negative sound wave effects can culminate into therapeutic or pathologic effects, hence our aim of creating an artificial intelligence-based model for detecting and predicting therapeutic sound frequencies and amplitudes based on individual health needs. Our research aims to design an artificial intelligence-based (AI) model for detecting human muscle response to different sound frequencies and amplitudes. Using artificial intelligence, we were able to find the difference between the EMG signals recorded from the volunteers during different sound wave applications. This means that human muscle responds to different sound signals and reacts differently.

KEYWORDS: Sound waves, sound therapy, sound healing, sound frequency generator, Frequency, Amplitude, 432 Hz, 440 Hz, 880 Hz, 1320 Hz, 30 dB, 60 Db, 90 Db, complex tone, harmonic overtones, octave, CleveLab kit, machine learning, MatLab.