

Spaciocepcija u dijagnostici i rehabilitaciji

Aras, Ivana

Source / Izvornik: **Translacijski pristup u dijagnostici i rehabilitaciji slušanja i govora :55 godina SUVAG-a : znanstveno-stručna monografija, 2018, 3 - 11**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:257:964207>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2023-09-25**



Repository / Repozitorij:

[SUVAG Polyclinic Repository](#)

Ivana Aras

Poliklinika SUVAG, Zagreb, Hrvatska

iaras@suvag.hr

SPACIOCEPCIJA U DIJAGNOSTICI I REHABILITACIJI

Stručni rad

SAŽETAK

Spaciocepcijski pristup u dijagnostici i rehabilitaciji smetnji slušanja i govora, ali i drugih bolesti kojima se učestalo bavimo u svakodnevnom radu, a koje uključuju više organskih sustava, njeguje se u Poliklinici SUVAG od samog početka. Poticaj takvom razmišljanju dolazi od autora verbotonalne metode i njegovih najbližih suradnika koji su proučavajući sluh i slušanje shvatili da djelovanje različitih osjetila nije odvojeno, nego da u percepciji prostora, koja je preduvjet ostvarivanja svih ljudskih viših moždanih funkcija, dolazi do njihove suradnje i preklapanja, naročito na centralnoj razini, iako svaki osjetilni podražaj ima svoj optimalni put. Tijekom dijagnostike, ali i rehabilitacije, procjenjuju se mogućnosti svakog od osjetila, traži se optimalan modalitet podražaja kojim se osjetilo stimulira, nastoji se poboljšati diskriminacija osjeta, ali i komunikacija među osjetilima. Suvremena tehnologija i novi dijagnostički postupci uvelike pridonose jasnijem uvidu u anatomiju i funkciju pojedinih organa ili sustava, ali se „spaciocepcijskim“ razmišljanjem dobivenim podacima daje značenje koje pomaže usmjeravanju terapije i praćenju pacijentova napretka.

Ključne riječi: *spaciocepcija, dijagnostika, rehabilitacija*

Spaciocepcija predstavlja sveukupnost naših osjeta kojima se percipira prostor. U percepciji i u stvaranju predodžbi sudjeluje više osjetila: 1. opip, 2. propriocepcija, 3. ravnotežno (vestibularno) osjetilo, 4. sluh i 5. vid, a zapravo je samo jedan osjet - spaciocepcija, sustav za percepciju prostora, kojega čine nabrojani osjetni organi (Pansini 1990). Ona nije samo teorijska kategorija, nego je takvo razmišljanje vremenom značajno usmjeravalo razvoj dijagnostičkih i terapijskih postupaka u verbotonalnoj metodi, i povezalo filozofsku misao s kliničkom praksom.

Zašto nam je percepcija prostora važna za razvoj govora? Govor je produkt mišljenja, a mišljenje je djelovanje u zamišljenom prostoru, dakle bez prostornosti nema govora. Pravila koja vrijede u prostoru, prenose se na govor. Nemoguće je shvatiti govorne strukture, gramatičnost govora, bez prethodnog poimanja prostornih struktura. Primjerice, da bi shvatili prijedloge, komparaciju, metaforu u izrazu ili rečenici, potrebno je prethodno imati predodžbu (misao, sliku) o tome što te riječi znače u prostoru (*pred Božić i iza Božića, u razmaku od dvije godine*; što se krije *iza* njegovog

osmijeha; ljubav je bila *veća od* častoljublja). Prostorne odnose upoznajemo krećući se prostorom, svladavajući ga. Pritom se u kretanju orijentiramo pomoću osjetila. Tu dominantnu ulogu imaju starija osjetila: vestibularno osjetilo, propriocepcija i dodir, a slušno se osjetilo kasnije razvilo iz vestibularnog. I sluh je u početku bio osjet za percepciju prostora, a slušanje u funkciji govora došlo je kasnije (Borković 2004).

U skladu s tim, razvoj govora u djeteta fiziološki prati razvoj motorike. Dijete prvu riječ progovara obično paralelno s prvim samostalnim koracima krajem prve godine, a tijekom druge, nastavljajući kretanje, spoznaje odnose u prostoru i njegove pravilnosti. Pri tomu i samo tijekom igre i svakodnevnih aktivnosti stavlja aktivno predmete u odnose, ali i povezuje naučene riječi, pa se do kraja druge godine obično i javlja neki oblik višečlanog iskaza i jednostavne rečenice. Senzorno iskustvo u interakciji s okolinom dovodi do značajnog kognitivnog razvoja u relativno kratkom vremenu, što je karakteristika ove prve, senzomotorne razvojne faze (Piaget, 1983).

Da bi se razvilo mišljenje čiji je rezultat govor, potrebno je slušanje, i to ne samo zvukova, nego i kompleksnih slušnih podražaja kao što su govorne strukture. U verbotonalnoj teoriji prepoznato je da se ne sluša samo uhom, nego je cijelo tijelo poligon za ulaz senzoričkih govornih informacija, tj. da se govor ili, točnije, određene komponente govora percipiraju različitim osjetilima i svaka od njih u određenoj količini pridonosi razumijevanju poruke. Govor se sastoji od verbalne i neverbalne komponente, a u sklopu verbalnog dijela, osim leksičke sastavnice, postoje vrednote govornog jezika (intonacija, intenzitet, rečenični tempo, pauza), a uz to i mimika, geste, stvarni kontekst koji su ne samo važni nego nekad i dominantni za razumijevanje (Guberina 1952).

Tijekom dijagnostike i rehabilitacije nas zanima koja sve osjetila, i na koji način, sudjeluju u izvršavanju funkcije koju ispituje, bilo to slušanje, govor ili percepcija prostora u svrhu održavanja ravnoteže. Uz to, pokušavamo shvatiti što se događa ukoliko neko periferno osjetilo ima slabiju ili na neki način poremećenu funkciju: kako tada funkcionira «oštećeno osjetilo», te kako to djeluje na ostala osjetila i na komunikaciju između osjetila koja se odvija na višim razinama živčanog sustava, te, ono što je u rehabilitaciji najvažnije, možemo li sada taj novi sistem nekako iskoristiti da poboljšamo onu funkciju radi koje nam se pacijent u prvim redu i javio.

Govorna informacija ne ulazi samo kroz slušni put, a naša osjetila nisu ograničena samo na jednu vrstu podražaja. Pogotovo se preklapaju ona koja rade na principu mehaničkog podražaja (vestibularno osjetilo, propriocepcija i sluh). Svako osjetilo najbolje reagira na svoj dominantni, specifični podražaj, ali i na druge slične podražaje. Ranije se moglo čuti da «gluhi slušaju tijelom» ili «kožom», što se fiziološki može objasniti aktivacijom mehanoreceptora, tj. osjetnih tjelešaca koja inače služe za dodir i duboki osjet. Kako je zvuk mehanički val, on može podražiti mehanoreceptore, može izazvati akcijske potencijale, naročito ako se prenosi kroz gušći ili krući medij (npr. vibracijskom daskom, ili vibratorom za koštanu i somatosenzoričku vodljivost). Ovaj osjet može se vježbati da se poboljša diskriminacija. Vibracija se detektira proprioceptivnim osjetilom, dakle mehanoreceptorima koji se nalaze u koži, mišićima i zglobovima i reagiraju na pritisak ili rastezanje okolnih tkiva. Ti receptori, inače, prvenstveno služe za davanje obavijesti o unutrašnjem prostoru bića, ili pojednostavljeno, o položaju i kretanjama određenih dijelova tijela. Kako opip i propriocepcija najčešće rade zajedno, a imaju i sličan periferni i centralni put, zajedno

se zovu somatosenzorički sustav (Guyton 1995).

Najčešće spominjani primjer somatosenzoričkog slušanja kod gluhih je tipična čujnost niskih frekvencija jakog intenziteta (tzv. left corner audiogram). Ovo bi, međutim, mogao biti i odgovor otolitičkog dijela vestibularnog osjetila. Prvi znakovi vestibularnog odgovora (i posljedičnog vestibulokoličnog refleksa) na zvuk niske frekvencije elektrofiziološki su zabilježeni 60-ih godina prošlog stoljeća (Bickford, Jacobson, Cody 1964). Detekcija ove pojave kasnije je prilagođena za kliničke potrebe i korištenje u dijagnostičke svrhe, te se danas u našoj ustanovi, kao i u drugim centrima koji se bave patologijom vestibularnog osjetila i ravnoteže, primjenjuje pod nazivom VEMP (vestibularni evocirani potencijali).

Ove i slične spoznaje primjenjuju se u svrhu usmjerene i svrsishodne rehabilitacije slušanja i govora, ali i u rehabilitaciji drugih povezanih funkcija. Za ovo je potrebna jaka funkcionalna dijagnostika spaciocepcije, što je dovelo do razvoja dijagnostičkih postupaka, ne samo u području sluha i slušanja, nego i smetnji ravnoteže u kojima je fokus na ispitivanju vestibularnog osjetila. Tijekom funkcionalnih pretraga pokušavamo zaključiti na koji način treba modulirati ulazni signal da bi bio optimalan za ulaz u senzorički sustav pacijenta. Zvukove govora, na primjer, možemo modificirati po frekvenciji i intenzitetu da se dobije optimalno slušno polje, pri čemu se vodi računa o optimalama glasova, diskontinuitetu, transferu itd.

Propriocepcija se obilato upotrebljava u rehabilitaciji kao osjet koji uz sluh kontrolira fonaciju (Davies, Jahn 2004). Kad je sluh slab, važnost propriocepcije se pojačava. Danas, u doba UMP i jakih kvalitetnih slušnih pomagala, vibracija nije neophodna za prvi doživljaj zvuka, ali se i dalje propriocepcija rabi za bolju percepciju različitih kvaliteta sadržanih u govornoj poruci (visina, napetost, ritam, intonacija). Tijelo pamti proprioceptivni osjet, napetost vezanu uz određenu visinu tona ili intenzitet. Od samih početaka u verbotonalnoj metodi koriste se makropokreti tijela vezani uz fonaciju da bi pojačali i diskriminirali osjet vezan uz određene govorne pokrete.

Spoznaja o tijesnoj povezanosti sluha, vestibularnog osjetila i propriocepcije dovela je do zamaha u proučavanju njihove funkcije i veza, ne samo u funkciji slušanja i govora nego i u održavanju ravnoteže, što je primarna funkcija vestibularnog osjetila. Na ovome je intenzivno radio prof. Mihovil Pansini potičući uvođenje suvremenih pretraga u audiovestibulologiju koje su prema potrebi modificirane, a njihova je interpretacija obogaćena spaciocepcijskim tumačenjem pojava u centralnim strukturama (npr. prag javljanja brze komponente nistagmusa u nistagmografiji, nepravilnosti nistagmusa). Pansini je vestibularnom osjetilu davao i ulogu "harmonizatora spaciocepcije" zbog njegove višestruke povezanosti s drugim osjetnim sustavima (Pansini 1981), a naglašavao je i njegov utjecaj na razvoj kognitivnih funkcija. Za ispitivanje i objektivizaciju funkcije održavanja ravnoteže, prije više od dvadeset godina, uvedeno je ispitivanje na stabilometrijskoj platformi. Ono se ne upotrebljava samo kod pacijenata sa smetnjama održavanja ravnoteže, nego i za praćenje motoričkog razvoja kod djece s razvojnim teškoćama. Primijetilo se, naime, da djeca sa slušnim i govornim oštećenjima također imaju drugačije motoričke obrasce, a poznato je i iz literature da se kod djece s izraženim govornim smetnjama u velikom postotku javljaju dodatne smetnje fine motorike, koordinacije, spretnosti (Webster, Shelvell 2004). Prema

kliničkoj slici pacijenta te rezultatima pretraga određuje se potreba za vestibularnim vježbama. Za djecu s razvojnim smetnjama, već su odavno u rehabilitacijskim programima, u postupcima karakterističnim za verbotonalnu metodu, predviđene vježbe motorike i koordinacije.

I na kraju, afektivnost, koja se tako često spominje i rabi u verbotonalnoj praksi, može se regulirati stimulacijom vestibularnog osjetila i propriocepcije. Afektivnost u govoru daje ključno značenje poruci, ali afektivnošću se koristimo i u rehabilitaciji da bi pacijenta doveli u stanje u kojem bolje spoznaje i uči. I tu nam sensorika pomaže. Od najranijeg djetinjstva roditelji instinktivno umiruju svoju djecu ritmičkom repetitivnom vestibularnom i proprioceptivnom stimulacijom (hodanje, ljuljanje, ritmičko njihanje u naručju). Kasnije, kad se malo motorički osamostale, djeca i dalje intenzivno traže vestibularno - proprioceptivnu stimulaciju (ljuljačke, tobogani, vrtuljci), što im je očito i razvojno potrebno. Ovo je znanstveno potvrđeno jer u literaturi postoje brojne studije koje pokazuju povezanost vestibularnog osjetila s kognitivnim funkcijama, ali i pažnjom i koncentracijom (Kelly 1989, Palla, Lenggenhager 2014, Rajagopalan, Jinu 2017).

Bogatstvo sensorike, međusobna interakcija osjetila na perifernoj i centralnoj razini, te njihovo funkcionalno preklapanje u funkciji spaciocepcije može nam nekad dijagnostički otežati posao, ali nam u terapijskom smislu daje mogućnosti koje su već široko prepoznate, ali još uvijek daleko od toga da budu iscrpljene.

LITERATURA:

1. Bickford RG, Jacobson JL, Cody DTR . *Nature of average evoked potentials to sound and other stimuli in man. Ann NY Acad Sci, 1964, 112:204-218.*
2. Borković Lj. *Neuro-psiho-lingvistička osnova slušanja, mišljenja i govora:- temelji verbotonalne teorije. Hrvatska verbotonalna udruga, Zagreb, 2004.*
3. Davies DG, Jahn AF. *A Guide to Voice Management for Singers, Actors and Professional Voice Users, Routledge, 2004.*
4. Guberina, P *Zvuk i pokret u jeziku, Matica hrvatska, Zagreb, 1952.*
5. Guyton AC. *Fiziologija čovjeka, 5. Hrvatsko izdanje. Medicinska naklada, Zagreb 1995.*
6. Kelly G. *Vestibular stimulation as a form of therapy. Physiotherapy, 75 (3), 1989, 136-40.*
7. Palla A, Lenggenhager B. *Ways to investigate vestibular contributions to cognitive processes. Front Integr Neurosci. May 2014;8:40*
8. Pansini M. *Neke biološke osnove verbotonalne rehabilitacije. Centar SUVAG Zagreb, 1981.*
9. Pansini M. *Spaciocepcija i gramatika prostora kao slušanje i govor. Filologija, No 17, lipanj 1990.*
10. Piaget J. *Piaget's theory. In P. Mussen (ed). Handbook of Child Psychology. 4th edition. Vol. 1. New York: Wiley 1983.*
11. Webster RI, Shevell MI. *Neurobiology of specific language impairment, J.Child Neurol. 19 (7), 2004, 471-81.*
12. Rajagopalan A, Jinu KV, et al. *Understanding the links between vestibular and limbic systems regulating emotions. J Nat Sci Biol Med.2017; 8(1):11-15.*

Ivana Aras

Suvag Polyclinic, Zagreb, Croatia

iaras@suvag.hr

SPACIOCEPTION IN DIAGNOSTICS AND REHABILITATION

Expert paper

SUMMARY

Spacioceptive approach in diagnostics and rehabilitation of hearing and speech disturbances, but also in cases when more organic systems are affected, is fostered in our Polyclinic since the very beginning. The incentive for such an approach comes from the author of the verbotonal method himself, and his closest colleagues. While studying hearing and listening they realized that different senses do not function separately, and that although each sensory input has its optimal pathway in perception of space (that is a precondition of all human cognitive functions) they interact. This interaction is especially important on central levels. Through diagnostic and rehabilitation procedures, we try to evaluate the potential of each sensory system; we search for the optimal modality of the sensory input, try to improve stimulus discrimination, and communication between senses as well. Modern technology and novel diagnostic procedures contribute significantly to our understanding of the anatomy and physiology of sensory organs and systems, but „spacioceptive“ thinking gives additional significance to obtained diagnostic data, helping us to choose optimal therapy and follow-up of the patient.

Keywords: *spacioception, diagnostics, rehabilitation*

Spacioception represents the totality of our senses for space perception. Several sensory systems contribute in the process of perception and conception formation: 1. Touch, 2. Proprioception, 3. Vestibular sense, 4. Hearing, 5. Sight, but, in fact there is only one sense – spacioception, the system for space perception, inside which all mentioned senses are included (Pansini, 1990). This is not just a theoretical category, but rather a kind of approach that significantly influenced the development of diagnostic and therapeutic procedures in the verbotonal method, and connected a philosophical thinking with clinical practice.

Why is space perception of such importance to speech development? Speech is a thinking product, and thinking is, in fact, acting in an imaginary space, therefore, there is no speech without the idea of a space. The rules of space are valid in speech as well. It is impossible to understand speech structures or grammar without a previous understanding of space structures.

For example, to understand prepositions, comparison, metaphor in phrases, conception (thought, picture) of what that words mean in space (*before* Christmas and *after* Christmas; *in the distance* of two years; what is hiding *behind* his smile; love was *greater* than ambition) must have already been accepted. One recognizes the rules of space by conquering it, and we do it while moving. Our senses give us the orientation in that movement. Older senses (vestibular, proprioception and touch) have a dominant role in space recognition. The hearing sense was developed later from the vestibular sense. In the beginning, hearing was a space perception sense as well, but later developed as a function of speech (Borković, 2004).

In concordance to that, speech development follows the motor development in children. The first word is usually performed around the end of the first year of life, in parallel with the onset of walking, and during the second year, continuously moving, a child recognizes space relations, its regularities. During play and other activities, the child itself actively puts different objects in certain relations, but puts also words (that it knows) in relations, and by the end of the second year it usually performs some kind of a simple phrase. Sensory experience acquired in interaction with environment results in a significant cognitive development over a short period of time. This is the characteristic of the first sensorimotor developmental phase (Piaget, 1983).

Hearing is required to develop thinking and speech as a result of it. Not only hearing of sounds, but hearing of complex stimuli such as language structures. Inside the verbotonal theory it is recognized that the hearing is not just an ear function, but rather the whole body is the media and serves as an entrance for sensory speech information, i.e. the speech, or, more precise, some of its components can be perceived by different sensory systems, each of them contributing to a certain extent to the understanding of the message. Speech consists of a verbal and non-verbal component, and inside of the verbal part, beside the lexical part, there are spoken language values (intonation, intensity, phrase pace, pause), and mimic, gestures, real context which are not only important, but are sometimes dominant for understanding (Guberina, 1952).

During the diagnostic and rehabilitation process, we are interested to know which of the senses, and in what way, are included in the realisation of the function of interest, wheather it was hearing, speech or space perception in function of balance. Also, we try to figure out what happens if the function of some peripheral sense is somehow weakened or damaged: how it functions in that situation, and how it affects other senses and communication between them in higher levels of the central nervous system, and the most important: can we somehow use this new system during rehabilitation to improve the first function that bothers the patient.

Speech information does not enter via the hearing pathway only, and our senses are not only limited to one type of stimuli. There is some overlap, especially within those that react on mechanical stimulation such as the vestibular sense, proprioception and hearing. Each sense is mostly responsive to its dominant stimulus, but it can react to other similar stimuli. Earlier, one could hear that "deaf people listen with the body" or "skin", and we can explain that by the activation of mechanoreceptors, sensory bodies responsible for touch and deep sensation. As the sound is a mechanical wave, it can stimulate mechanoreceptors, it can elicit action potentials, especially if delivered through denser or stiffer media (for example through a vibratory plate or

a smaller vibrator made for bone or somatosensory stimulation. This type of sensitivity can be practiced to improve discrimination. Vibration is usually detected by the proprioceptive sense, i.e. sensory mechanoreceptors situated inside the deep layers of the skin, muscles and joints, that react to the pressure or extension of the tissue. The primary function of these bodies is to give information about the physical inner space, or simpler, about the position and movement of certain body parts. As the touch and proprioception usually function together, and they have a similar peripheral and central pathway, together they are called the somatosensory system (Guyton, 1995).

The most mentioned example of somatosensory hearing (and listening) in severely hearing impaired patients is typical preserved hearing of very low frequencies of high intensity (left corner audiogram). But, this could be the response of the otolithic part of the vestibular system as well. First signs of vestibular response (and connected vestibulocolic reflex) to the low frequency sound were electrophysiologically recorded in the sixties of the last century (Bickford, Jaconson, Cody, 1964). Later, this phenomenon was adapted for clinical use, and today serves in diagnostic procedures connected with the vestibular sense, known as VEMPs (vestibular evoked myogenic potentials) that is used in our institution, as well as other clinical centers.

This and similar findings are used for aimed and functional rehabilitation of hearing, speech and balance. Therefore, we need a strong functional diagnostics of spacioception. It leads to the development of diagnostic procedures and algorithms, not only in the field of hearing, but also in the field of balance disorders, because they have vestibular system testing in focus. During functional testing, we try to figure out the way to modulate afferent signal to make it optimal for the sensory system of the patient. For example, speech sound can be modulated in terms of frequency and intensity, taking care of the speech sound optimals, discontinuity, transfer... resulting in *the optimal field of hearing*.

Proprioception is abundantly used in rehabilitation, being the sense that controls phonation, along with hearing (Davies, Jahn, 2004). If there is a hearing impairment, the importance of proprioception grows. Today, in the time of cochlear implant and digital powerful hearing aids, vibration is no longer necessary as the first sensation of sound, but proprioception is still used for better perception of different components of spoken message (pitch, tension, rhythm, intonation). The body remembers the proprioceptive sensation, the pressure and tension connected to a certain pitch or intensity. From the very beginning of the clinical use of the verbotonal method, specific movements of the body that follow phonation are being used to enhance perception and discrimination of sensory input and speech performance.

The awareness of the tight junction between the hearing, vestibular sense and proprioception gave rise to further study of their function and connection, not only in the area of hearing and speech, but also in the function of balance, that is the primary function of the vestibular sense. Prof. M. Pansini worked in that field with great passion and intensity, stimulating introduction of modern procedures in audiovestibulology. They are sometimes modified, and their interpretation enriched with the spacioceptive explanation of the events in central structures (for example: threshold of the fast component of nystagmus in nystagmography, irregularities of nystagmus).

Pansini used to give the vestibular sense the role of harmonisation of spacioception because of its abundant connections with other sensory systems (Pansini, 1981), and he also emphasised its influence on the development of higher neural functions. For the purpose of the objective evaluation of balance function stabilometry testing was introduced in our institution more than 20 years ago, not only for patients with balance problems, but also for the follow up of the children with neuromotor developmental difficulties. It was observed that children with hearing and speech impairment may have different motor patterns, in concordance to the fact already established in literature, that children with significant speech difficulties often have additional difficulties of fine motor skills and coordination (Webster, Shevell, 2004). According to the clinical state of the patient and test results, we decide about the need for vestibular exercises. In fact, exercises of motor skills and coordination have been included in verbotonal therapy procedures for a very long time..

And finally, affectivity, so often mentioned and used in verbotonal practice, can be influenced by stimulation of vestibular sense and proprioception. Affectivity during speech gives very important significance to the message, but we also use it to bring the child patient in the state where it can perceive and learn better. Our sensorics helps in this situations as well. Since early childhood parents instinctively calm their children with repetitive, vestibular and proprioceptive stimulation (walking, rocking, swinging). Later, when motorically more independent, children still search for intensive vestibular – proprioceptive stimulation (children parks, merry-go-rounds, slides, swings), because it obviously fulfills some of their developmental needs. This is scientifically confirmed with studies that showed the connection between vestibular sense and cognitive functions, attention and concentration (Kelly, 1989; Palla, Lenggenhager, 2014; Rajagopalan i dr., 2017).

The richness of sensorics, mutual interaction between senses on the peripheral and central level and their functional overlapping for the purpose of spacioception can give us a hard time in the field of diagnostics, but it gives such great possibilities in the field of therapy, that are widely recognized, but are far from being exhausted.

LITERATURE:

1. Bickford RG, Jacobson JL, Cody DTR . *Nature of average evoked potentials to sound and other stimuli in man. Ann NY Acad Sci*, 1964, 112:204-218.
2. Borković Lj. *Neuro-psiho-lingvistička osnova slušanja, mišljenja i govora:- temelji verbotonalne teorije. Hrvatska verbotonalna udruga, Zagreb, 2004.*
3. Davies DG, Jahn AF. *A Guide to Voice Management for Singers, Actors and Professional Voice Users, Routledge, 2004.*
4. Guberina, P *Zvuk i pokret u jeziku, Matica hrvatska, Zagreb, 1952.*
5. Guyton AC. *Fiziologija čovjeka, 5. Hrvatsko izdanje. Medicinska naklada, Zagreb 1995.*
6. Kelly G. *Vestibularn stimulation as a form of therapy. Physiotherapy, 75 (3), 1989, 136-40.*
7. PallaA. Lenggenhager B. *Ways to investigate vestibular contributions to cognitive processes. Front Integr Neurosci. May 2014;8:40*
8. Pansini M. *Neke biološke osnove verbotonalne rehabilitacije. Centar SUVAG Zagreb, 1981.*
9. Pansini M. *Spaciocepcija i gramatika prostora kao slušanje i govor. Filologija, No 17, lipanj 1990.*

10. Piaget J. Piaget's theory. In P. Mussen (ed). *Handbook of Child Psychology. 4th edition. Vol. 1. New York: Wiley 1983.*
11. Webster RI, Shevell MI. Neurobiology of specific language impairment, *J Child Neurol.* 19 (7), 2004, 471-81.
12. Rajagopalan A, Jinu KV, et al. Understanding the links between vestibular and limbic systems regulating emotions. *J Nat Sci Biol Med.* 2017; 8(1):11-15.