

**KARLA ŠVALJEK**

**MARKO LIKER**

## **RAZABIRLJIVOST TIPIČNOGA I ATIPIČNOGA GOVORA: IMPLIKACIJE ZA ISTRAŽIVANJE KOARTIKULACIJE**

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

<https://doi.org/10.17234/9789533791821.05>

---

Smanjena razabirljivost govora u osoba s prelingvalnim oštećenjem sluha povezana je s nekoliko govornih parametara, ali zasad nije jasno u kojoj mjeri na smanjenu razabirljivost mogu utjecati određena koartikulacijska obilježja. Ovo je istraživanje dio većeg istraživanja o odnosu koartikulacije i razabirljivosti u osoba s prelingvalnim oštećenjem sluha s umjetnom pužnicom. Cilj je istražiti kako će stručni slušači procijeniti kvalitetu izgovora u odnosu na govornu razabirljivost u tipičnih govornika i u govornika s umjetnom pužnicom. U istraživanju je sudjelovalo 32 stručnih slušača koji su procjenjivali kvalitetu izgovora vokala i frikativa te opću razabirljivost govora kod tipičnih ( $n = 11$ ) i atipičnih govornika s ugrađenom umjetnom pužnicom ( $n = 7$ ). Rezultati su pokazali značajnu razliku u dvije skupine govornika u sva tri promatrana parametra, ali i u odnosu procijenjene razabirljivosti i kvalitete izgovora. Rezultati se razmatraju u kontekstu kliničkih podataka te u svjetlu implikacija na kinematsko istraživanje koartikulacije.

**Ključne riječi:** razabirljivost govora, koartikulacija, umjetna pužnica, hrvatski

---

### **UVOD**

Govorna proizvodnja obuhvaća uzastopnu izmjenu govornih segmenata. Svaki govorni segment sastoji se od koordiniranih skupova artikulacijskih pokreta koji različitom snagom utječu na promjenu oblika govornog prolaza. Ti koordinirani skupovi artikulacijskih pokreta, često nazivani artikulacij-

skim gestama, nižu se jedan za drugim i međusobno se preklapaju (Recasens i sur., 1997; Farnetani, 1999). Taj fenomen naziva se *koartikulacijom* (Farnetani i Recasens, 2010). Iako istraživanje ovog fenomena traje već dugi niz godina, odgovori na neka temeljna pitanja još su uvijek nepoznati (Daniloff i Hammarberg, 1973) – zašto se koartikulacija pojavljuje, što zapravo u govoru koartikulira, u kojoj je mjeri jezično, a u kojoj biomehanički uvjetovana, koliki je njezin doseg i slično. Zbog svega toga koartikulacija predstavlja jedan od ključnih istraživačkih problema u fonetskim znanostima (Liu i sur., 2022). Koartikulacija se uglavnom istražuje u tipičnom govoru (Recasens, 1999; Zharkova i sur., 2011, 2014; Volenec, 2015; Mildner, 2018; Recasens, 2018), dok su istraživanja koartikulacije u atipičnom govoru nešto rjeđa (Hardcastle i Tjaden, 2008). Ispitanici s određenom vrstom atipičnosti relativno su malobrojni pa je zbog toga otežano pronalaženje ispitanika i postizanje prihvatljive homogenosti skupine (Hardcastle i Tjaden, 2008). Nadalje, takva se istraživanja često razlikuju po eksperimentnom dizajnu i istraživanim jezicima, pa je donošenje općih zaključaka o koartikulaciji u atipičnom govoru otežano. Također se pokazalo da se koartikulacijski procesi u atipičnom govoru često razlikuju od procesa zabilježenih u tipičnom govoru (Weismer i sur., 1995; Tjaden, 1999; Sfakianaki i sur., 2017). Zbog svega toga iznimno je važno istraživati koartikulaciju u atipičnom govoru. Time možemo poboljšati shvaćanje urednih senzomotoričkih govornih procesa te testirati aktualne teorije i modele tipičnoga govora.

O koartikulacijskim procesima uvelike ovise govorna glatkoća i razabirljivost (Birkholz, 2013; Jett i sur., 2021). Razabirljivost govora dugi je niz godina bila u središtu istraživanja urednoga i atipičnoga govora (Weismer, 2008). Različitim profilima istraživača mjerenje je govorne razabirljivosti služilo različitim svrhama (Schiavetti, 1992), pa se definicije i načini kvantifikacije razabirljivosti poprilično razlikuju (Monsen, 1981; Kent i sur., 1989; Derwing i Munro, 1997; Munro i Derwing 2011; Johnsson i sur., 2022). Općenito, stupanj razabirljivosti odnosi se na to koliko uspješno slušač može dekodirati govornikov akustički signal, neovisno o značenju poruke i kontekstu (Xue, 2023). S različitim svrhama i definicijama govorne razabirljivosti povezani su i različiti načini kvantifikacije toga fenomena (Schiavetti, 1992). Ti različiti načini uglavnom se mogu svrstati u dvije velike skupine: testovi temeljeni na identifikaciji (npr. identifikacija niza segmenata ili riječi) i testovi temeljeni na skalama (npr. perceptivna procjena razine razabirljivosti na ljestvici Likertova tipa). Prevladava mišljenje da su identifikacijski testovi pouzdaniji u mjerenju razabirljivosti od procjene razabirljivosti na ljestvici (Schiavetti, 1992). Međutim, postoje istraživački konteksti u kojima procjena razabirljivosti na ljestvici ima određene prednosti, bez obzira na metodološka

i interpretacijska ograničenja. Primjerice, kada je cilj ispitati kako nestručni slušači percipiraju razabirljivost govora u kontekstu (npr. kako roditelji procjenjuju razabirljivost svoje djece), tada je upotreba identifikacijskih testova vrlo ograničena ili nesvrhovita pa se primjenjuje ispitivanje razabirljivosti u kontekstu, a mjerni je instrument ljestvica Likertova tipa (Tomić i Mildner, 2014). Također, pri istraživanju povezanosti koartikulacije i razabirljivosti, identifikacijske ili diskriminacijske testove nužno je nadopuniti procjenom na ljestvici, koja će pokazati koji uvjeti više doprinose razabirljivosti od nekih drugih. U takvim je slučajevima nužno sudjelovanje stručnih slušača.

Osim u dekodiranju urednoga govornog signala, govorna razabirljivost može se odnositi i na to koliko uspješno slušači mogu dekodirati atipičan govor (Monsen, 1983). Upravo je atipičan govor, uzrokovan oštećenjem sluha, vrlo zanimljivo područje za istraživanja koartikulacijskih procesa jer se pokazalo da govor osoba oštećena sluha često ima prilično drugačiju gestovnu organizaciju u odnosu na govor osoba urednoga sluha. To znači da postoje određene vremenske i prostorne razlike u artikulacijskim pokretima u osoba atipičnoga sluha u usporedbi s tipično čujućim osobama (Okalidou i Harris, 1999). Primjerice, pokazalo se da se neki koartikulacijski procesi pojačavaju, a neki reduciraju u usporedbi s tipičnim govornicima. To se posebno odnosi na osobe koje su izgubile sluh prije usvajanja govora jer takozvana prelingvalna gluhoća onemogućuje urednu percepciju govora i s njom povezan razvoj artikulacijskih obilježja (Eisenberg, 2007), kao i razvoj tipičnih koartikulacijskih obrazaca (Hardcastle i Tjaden, 2008) i postizanje tipične govorne razabirljivosti (Guenther i Perkell, 2004). Drugim riječima, govor je za djecu s teškim prelingvalnim oštećenjem sluha vrlo problematičan jer im je otežano kontroliranje vlastita govora, kao i percepcija govora sugovornika (Sarant i Naz, 2012). Ako osoba sluh izgubi nakon usvajanja govora, vrlo često njezina koartikulacija te s njom povezana razabirljivost nisu narušene jer prethodno formirane neuronske mreže ostaju stabilne. To nije slučaj u osoba koje su izgubile sluh prije razvoja jezika (Guenther i Perkell, 2004). Zbog toga su posebno zanimljiva skupina za istraživanje atipičnoga govora osobe s prelingvalnim oštećenjem sluha, a kojima su sluh i slušno procesiranje rehabilitirani s pomoću umjetne pužnice. Prelingvalno gluhe osobe imaju koartikulacijske obrasce koji su drugačiji od onih kod tipičnih govornika (Hardcastle i Tjaden, 2008). Istraživanje anticipacijske koartikulacije u djece s prelingvalnom gluhoćom i djece s urednim sluhom pokazalo je da djeca kojima je dijagnosticirana prelingvalna gluhoća pokazuju smanjenu razinu anticipacijske koartikulacije u odnosu na djecu tipičnoga sluha. Premda nisu provedeni testovi kojima bi se to potvrdilo, autori navode kako je kod većine ispitanika procijenjen visok stupanj razabirljivosti govora

te da bi u idućim istraživanjima trebalo uključiti ispitanike sa smanjenom razabirljivošću govora (Waldstein i Baum, 1991). Pretpostavlja se da se smanjena koartikulacija u osoba sa slušnim oštećenjem može povezati sa smanjenom razabirljivošću govora, no očito su potrebna daljnja istraživanja kojima bi se to ispitalo, jer trenutačno postoje oprečni rezultati u ovom području.

Među ključnim prediktorima za uspješnu govornu terapiju i s njom povezanu razabirljivost govora osoba s prelingvalnim oštećenjem sluha kojima je ugrađena umjetna pužnica često se navode dob ugradnje i trajanje rehabilitacije (Mildner i sur., 2003; Mildner i Liker, 2008). Ranija ugradnja često se dovodi u vezu s plastičnošću mozga u ranoj životnoj dobi. To osjetljivo razdoblje tijekom kojeg je središnji živčani sustav maksimalno plastičan i sklon usvajanju traje oko 3 i pol godine, a najčešće se drastično smanjuje nakon sedme godine života (Sharma i sur., 2002). Nešto ranija dob pokazala se značajnom u istraživanju Connor i suradnika (2000), u kojem su djeca kojoj je ugrađena umjetna pužnica prije pete godine života postizala bolje rezultate u zadacima koji su uključivali produkciju konsonanata od djece kojoj je umjetna pužnica ugrađena nakon pete godine. U istraživanju Leigh i suradnika (2013) uspoređivale su se skupine djece kojoj je ugrađena pužnica unutar prvih 12 mjeseci života sa skupinom kojoj je pužnica ugrađena između 13 i 24 mjeseci života. Zaključili su da je prva skupina djece bila mnogo uspješnija u jezičnom razvoju od skupine kojoj je pužnica ugrađena nešto kasnije, no i dalje relativno rano u odnosu na završetak kritičnog razdoblja. Iz ovoga se može zaključiti kako je rana dob ugradnje umjetne pužnice vrlo važna za uspješniji govorno-jezični razvoj, pa se samim time pretpostavlja da to može imati utjecaja i na koartikulacijske procese te s njima povezanom razabirljivosti govora.

## CILJEVI I HIPOTEZE

Ovo istraživanje dio je većeg istraživačkog projekta kojemu je cilj utvrditi kinematske koartikulacijske obrasce osoba s umjetnom pužnicom te rasvijetliti utjecaj specifičnih koartikulacijskih obrazaca na govornu razabirljivost. U ovom je istraživanju pozornost usmjerena samo na perceptivnu procjenu govorne razabirljivosti osoba s umjetnom pužnicom i osoba tipičnoga sluha i govora. Zasebna istraživanja posvećena su kinematskim (ultrazvučnim i elektropalatografskim) obilježjima koartikulacije, nakon kojih će se koartikulacijski obrasci povezati s različitim aspektima govorne razabirljivosti, čime će se provjeriti koliko atipična koartikulacija utječe na govornu razabirljivost (za razliku od atipične artikulacije). Budući da je tipična govorna razabirljivost konačni cilj svake govorne terapije i svih govornih vježbi, ovi rezultati imaju važne implikacije za fonetsko vježbanje govora i govornu terapiju.

S obzirom na sve što je prethodno rečeno, cilj je ovoga istraživanja provjeriti kako trenirani slušači procjenjuju razabirljivost govora te kvalitetu izgovora pojedinih skupina glasnika kod osoba s prelingvalnim oštećenjem sluha kojima je ugrađena umjetna pužnica i koji imaju vrlo različite kliničke podatke (anamneze), a kako te iste parametre slušači procjenjuju kod tipičnih govornika s usporedivim demografskim podacima. Drugim riječima, cilj je istražiti hoće li trenirani stručni slušači sve atipične govornike procijeniti značajno drugačije u svim promatranim kategorijama od tipičnih govornika i hoće li procjena razabirljivosti biti različita u odnosu na procjenu kvalitete izgovora kod dvije skupine govornika. U skladu s tim, postavljene su četiri hipoteze. Prva je hipoteza da će tipični govornici biti bolje procijenjeni od atipičnih. Druga je hipoteza da će atipični govornici koji su ranije ugradili pužnicu biti bolji od onih koji su je ugradili kasnije. Treća je hipoteza da će odnos razine razabirljivosti i kvalitete izgovora kod onih atipičnih govornika koji imaju povoljnije kliničke podatke (anamneze) biti usporediv s odnosom razabirljivosti i kvalitete izgovora kod tipičnih govornika. Četvrta je hipoteza da će varijabilnost percepcije razabirljivosti i kvalitete izgovora glasnika biti veća kod osoba s umjetnom pužnicom.

## GOVORNI MATERIJAL

Govorni materijal preuzet je iz Instrumentalnoga govornog korpusa KROKO koji je snimljen u sklopu istraživačkog projekta *Koartikulacija u hrvatskom govoru: instrumentalno istraživanje*, a financirala ga je Hrvatska zaklada za znanost (HRZZ) (Liker, 2018, 2023). U sklopu korpusa KROKO snimljeno je ukupno 18 govornika akustičkom, elektropalatografskom i ultrazvučnom tehnikom. Svi ispitanici bili su punoljetni jer je cilj bio istražiti koartikulaciju i s njom povezane govorne procese nakon završetka razvoja govora. Kod sedmero ispitanika dijagnosticirana je prelingvalna gluhoća te im je tijekom djetinjstva ugrađena umjetna pužnica. Ovaj dio govornog korpusa jedinstven je po tome što su sudionici imali vrlo različite kliničke podatke (anamneze). Umjetna pužnica ugrađena u rasponu od 2 do 10 godina, a početak rehabilitacije bio je između 9 mjeseci i 6 godina i 2 mjeseca. Prije snimanja provedena je govorna audiometrija kojom se testirala percepcija razabirljivosti sudionika. Pritom se prag detekcije govora kretao u rasponu od 20 do 40 dB, dok je prag razumljivosti riječi raspona od 35 do 65 dB. Ovako različiti klinički podaci u skupini odraslih govornika omogućuju analizu koartikulacijskih procesa i s njima povezanih govornih značajka u različitim uvjetima rehabilitacije sluha i slušanja, što može pružiti jedinstven uvid u koartikulacijske procese u atipičnom govoru (tablica 1).

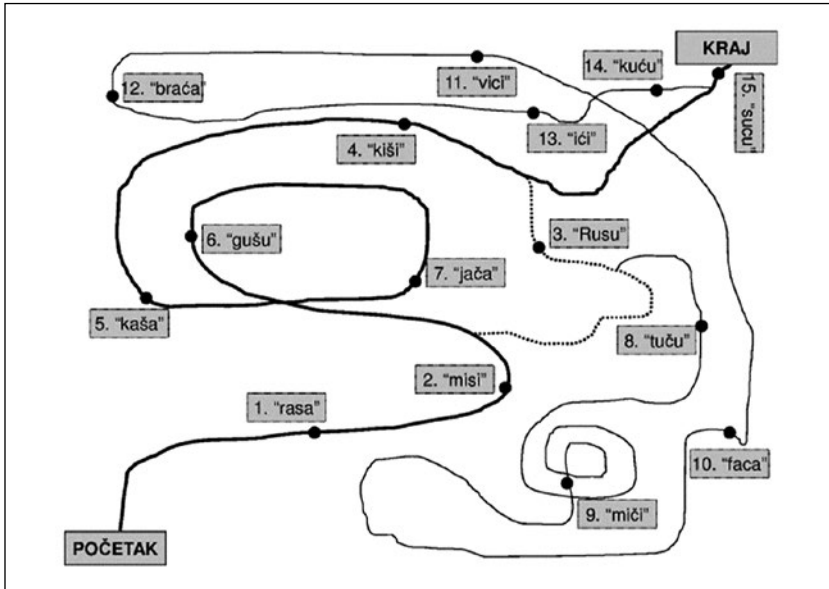
Tablica 1. Klinički podatci sedmero atipičnih ispitanika

Atipični govornik	Dob u trenutku snimanja	Dob ugradnje	Dob početka terapije	Govorni audiogram prije snimanja
G1	24	2	2	prag detekcije govora na 25 dB; 90 % prepoznatih riječi na 45 dB
G2	26	7,4	6,2	prag detekcije govora na 35 dB; 80 % prepoznatih riječi na 55 dB
G3	26	6,9	0,9	prag detekcije govora na 20 dB; 50 % prepoznatih riječi na 35 dB
G4	18	5,3	5,7	prag detekcije govora na 40 dB; 70 % prepoznatih riječi na 65 dB
G5	18	5,3	5,7	prag detekcije govora na 40 dB; 70 % prepoznatih riječi na 65 dB
G6	28	10	3,6	prag detekcije govora na 30 dB; 60 % prepoznatih riječi na 50 dB
G7	23	4,7	3,4	prag detekcije govora na 25 dB; 90 % prepoznatih riječi na 55 dB

Osim sedmero atipičnih sudionika, u korpus je uključeno i 11 tipičnih govornika između 21 i 24 godine, prosječne dobi 22,4 godine. Oni su izabrani tako što je petero treniranih fonetičara njihov govor procijenilo najboljim od ukupno 105 kandidata u kategorijama izgovora okluziva, afrikata, frikativa, vokala, opće razabirljivosti te razine regionalne prepoznatljivosti.

Govorni materijal prikupljao se u komunikacijskoj situaciji koja je poticala svakodnevni razgovorni stil. Naime, komunikacijska je situacija oblikovana tako da su sudionici na mapi morali opisati put od početka do kraja mape na kojoj su se nalazile kontrolne točne s ključnim riječima i različiti putovi koji te točke povezuju (slika 1). Sudionici su put na mapi opisivali eksperimentatoru koji je imao mapu na kojoj su se neki elementi razlikovali od onih na mapi sudionika (nedostajale su ključne riječi ili su nedostajali dijelovi putova koji te ključne riječi povezuju). Cilj sudionika bio je da opiše mapu od početka do kraja tako da eksperimentator na svojoj mapi unese dijelove koji nedostaju te da komunikacijski proces rezultira identičnom mapom kakvu ima sudionik. Svrha takvog eksperimentnog dizajna bila je poticanje svakodnevne razgovorne komunikacijske situacije u uvjetima laboratorijskog snimanja govora naprednim instrumentnim tehnikama. U takvoj komunikacijskoj situaciji sudionici su u dijaloškoj komunikacijskoj situaciji 18 ciljnih ključnih riječi na mapi ponovili minimalno četiri puta. Ciljne riječi koje su uključene u ovo istraživanje bile su dvosložne te su imale konstrukciju K1VK2V, pri čemu se konsonant K2 ( $K2 = /s, f/$ ) nalazio u simetričnoj vokalskoj okolini ( $V =$

/i, a, u/) (npr. /rasa/). Tip konsonanta K1 nije se kontrolirao. Frikativi /s/ i /ʃ/ izabrani su zato što su upravo ti frikativi zbog svojeg velikog koartikulacijskog otpora u fokusu šireg istraživanja u kojem se istražuje koartikulacijska kinematika.



Slika 1. Mapa korištena za snimanje dijela govornog korpusa KROKO uključenog u ovo istraživanje

Za potrebe testa percepcije razabirljivosti za svakog od 18 govornika iz takvog su govornog materijala izrezani govorni odsječci u ukupnom trajanju između 20 i 50 sekundi po govorniku. Svaki odsječak uključivao je jednu ključnu riječ i govorni blok organiziran oko te ključne riječi.

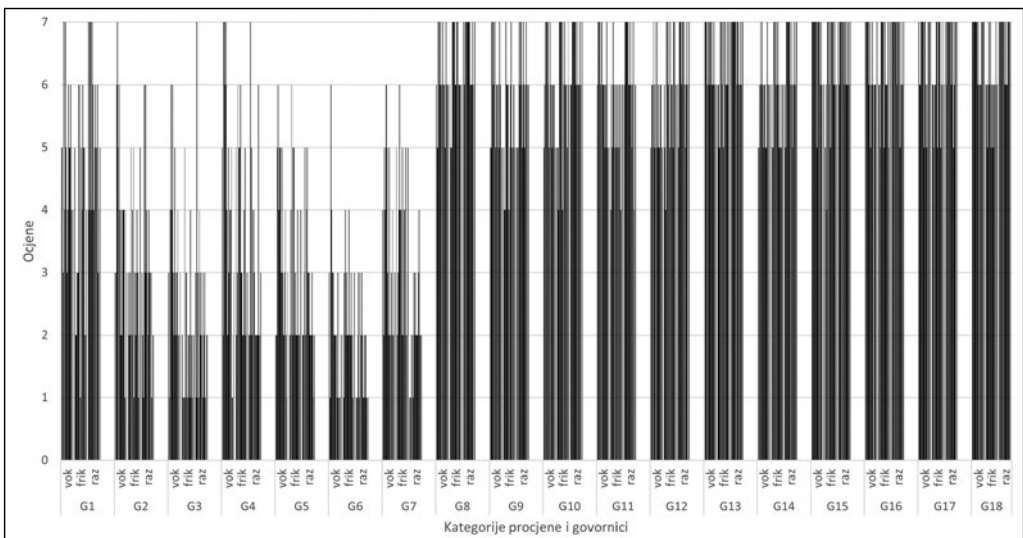
## PERCEPTIVNI TEST

U perceptivnom testu sudjelovalo je 32 ispitanika. Svi ispitanici bili su trenirani stručni slušači s iskustvom u perceptivnoj procjeni govora (profesori fonetike, kao i studenti završnih godina fonetike i glume). Nijedan ispitanik nije imao dijagnosticirane poteškoće sa sluhom, a njihova dob bila je u rasponu između 21 i 50 godina. Ispitanici su prije eksperimenta potpisali privolu za sudjelovanje, a sve sastavnice ovog istraživanja prethodno su odobrila nadležna etička povjerenstva. Zadatak stručnih slušača bio je poslušati svaki od 18 govornih odsječaka dva puta te na ljestvici od 1 do 7 procijeniti kvalitetu izgovora vokala, kvalitetu izgovora frikativa te razinu razabirljivosti govora.

Perceptivni eksperiment trajao je između 25 i 35 minuta. Ocjenom 1 označavala se minimalna razina procjene, dok se ocjenom 7 označavala maksimalna procijenjena kvaliteta. Kako bi se izbjegle moguće nedoumice, ispitanicima je naglašeno da procjenjuju razabirljivost (preciznost i kvalitetu izgovora), a ne razumljivost govora (smisao i značenje). Statistička značajnost razlike testirana je analizom varijance s jednim promjenljivim faktorom (*one-way ANOVA*). Povezanost varijabli provjerena je Pearsonovim testom korelacije jer se Likertova ljestvica nakon prikupljanja velikog broja rezultata smatrala kontinuiranom.

## REZULTATI I RASPRAVA

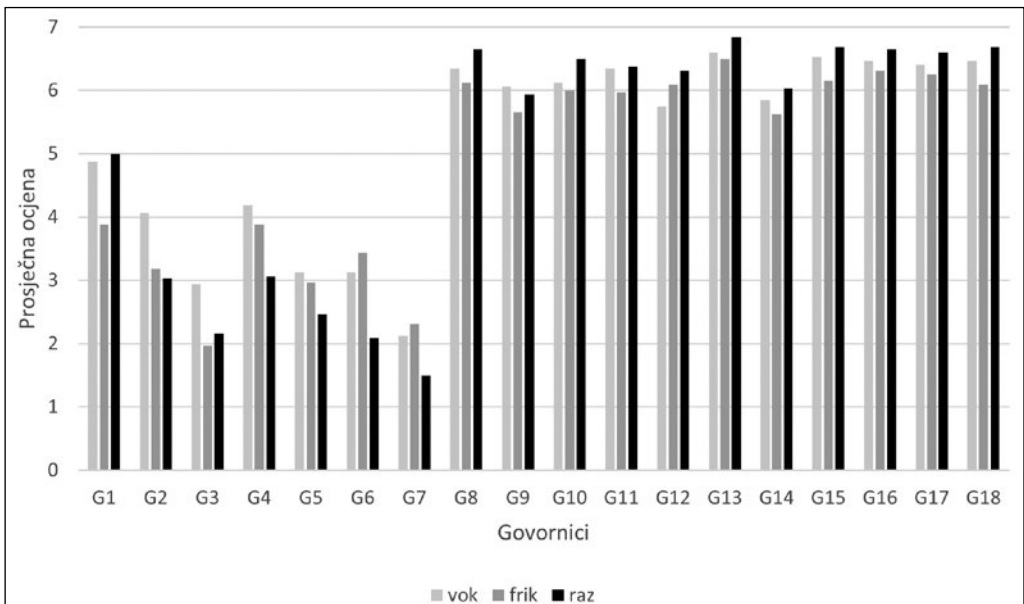
Rezultati su pokazali da se procjene govora tipičnih i atipičnih govornika statistički značajno razlikuju u sve tri kategorije procjene: vokali ( $F(1,574) = 752,28, p = 0,000$ ), frikativi ( $F(1,574) = 927,19, p = 0,000$ ) i razabirljivost ( $F(1,574) = 1598,07, p = 0,000$ ). Na slici 2 prikazane su sve ocjene svih stručnih slušača za svaku od procjenjivanih kategorija (vokali, frikativi, razabirljivost) kod svakoga govornika (G1 – G18). Već se prilikom vizualne inspekcije rezultata na slici može pretpostaviti koji su govornici atipični s umjetnom pužnicom (G1 – G7), a koji su tipični uredno čujuć govornici (G8 – G18). Naime, tipični govornici imaju veću zastupljenost visokih ocjena (6 i 7), dok atipični govornici većinom nemaju najviše ocjene izgovora i razabirljivosti (osim G1 i G4).



Slika 2. Ocjene svakog stručnog slušača za svaku procjenjivanu kategoriju (vokali, frikativi, razabirljivost) za svakoga govornika (G1 – G18)

Osim što je vidljiva razlika u procjeni tipičnih u odnosu na atipične govornike, vidljivo je i da to razlikovanje nije kategorijalno, već stupnjevito. Naime, govornici G1 i G4 atipični su govornici, koji su po visini ocjena vrlo blizu tipičnim govornicima, dok su G3 i G6 znatno slabije procijenjeni.

Na slici 3 prikazani su prosječni rezultati slušnih procjena svih slušača za svaku kategoriju procjene (vokali, frikativi, razabirljivost) i za svakoga govornika (G1 – G18). Rezultati pokazuju da ocjena razabirljivosti nije uvijek u jednakom odnosu s procjenom kvalitete izgovora vokala i konsonanata. Može se primijetiti da svi tipični govornici imaju veću prosječnu ocjenu razabirljivosti (6,48; SD 0,64), od izgovora vokala (6,27; SD 0,77) i konsonanata (6,07; SD 0,88), dok je kod atipičnih govornika taj slučaj samo kod G1. Ostali atipični ispitanici (G2, G3, G4, G5, G6, G7) imaju nižu ocjenu razabirljivosti govora (0,28; SD 1,08) u odnosu na kvalitetu izgovora vokala (3,49; SD 1,36) i frikativa (3,09; SD 1,27). Dobro je primijetiti da je govornik G1 ujedno i najbolje prosječno procijenjeni atipični govornik, koji je najbliži ocjenama tipičnih govornika. Govorniku G1 umjetna pužnica ugrađena je s dvije godine, dok je ostalim atipičnim govornicima umjetna pužnica ugrađena u rasponu od 4,7 do 10 godina. Ovaj rezultat ne čudi i još jednom potvrđuje dobro dokumentiran podatak da je rana ugradnja umjetne pužnice važan prediktor kvalitete govora. Na primjer, u istraživanju Habib i suradnika (2010) pokazalo se da je govor djece kojoj je umjetna pužnica ugrađena tije-



Slika 3. Prosječne ocjene za svaku od procjenjivanih kategorija (vokali, frikativi, razabirljivost) za svakoga govornika (G1 – G18)

kom prve dvije godine života procijenjen značajno razabirljivijim od govora djece kojima je umjetna pužnica ugrađena kasnije (između 35. i 40. mjeseca života). Zaključak o važnosti ugradnje umjetne pužnice u ranijoj životnoj dobi potvrđuju i mnoga druga istraživanja (npr. Connor i sur., 2000; Mildner, i sur., 2006; Svirsky i sur., 2007; Flipsen Jr., 2008; Leigh i sur., 2013; Arndt i sur., 2023).

Kod svih ispitanika, kako tipičnih, tako i atipičnih, procjene razabirljivosti više koreliraju s kvalitetom izgovora vokala ( $R^2$  kod tipičnih ispitanika je 0,562, a kod atipičnih je 0,643), nego s kvalitetom izgovora frikativa ( $R^2$  kod tipičnih ispitanika je 0,414, a kod atipičnih je 0,470). Ovaj podatak potvrdio je rezultate prethodnih istraživanja, koja su pokazala kako su izgovor vokala i njihov međusobni odnos unutar vokalskog prostora dobra mjera za procjenu razabirljivosti govora atipičnoga govora (Metz i sur., 1990; Bradlow i sur., 1996). Chuang i suradnici (2012) u svom istraživanju ističu važnost raspona drugog formanta od vokala /i/ do vokala /u/ tijekom fonacije jer su njihovi rezultati pokazali da je F2 točnija mjera govorne razabirljivosti. Istraživanje De Bodt i suradnika (2002) također je pokazalo važnu ulogu artikulacije, ali i prozodije kao faktora koji doprinose općoj razabirljivosti govora. U našem se istraživanju govorni materijal sastojao od kvazispontanoga govora pa je moguće da je taj uvjet imao utjecaja na rezultate. S jedne strane, prirodnost prozodije u svakodnevnom govoru može poboljšati percipiranu razabirljivost, dok međuispitaničke razlike u prozodiji mogu biti faktor koji pridonosi različitoj procjeni razabirljivosti. Nazalnost i kvaliteta glasa u ovoj skupini govornika nisu se pokazale značajnima, no autori navode da je moguće da su ti faktori utjecajni u skupinama sa slušnim oštećenjem ili rascjepom nepca. Neki stručni slušači u našem su istraživanju u nestrukturiranom i dragovoljnom razgovoru nakon provedenog slušnog eksperimenta izvijestili da im je kod nekih ispitanika nazalnost bila izražena, a kvaliteta glasa nemodalna, ali su se trudili da to ne utječe na njihovu procjenu razabirljivosti govora.

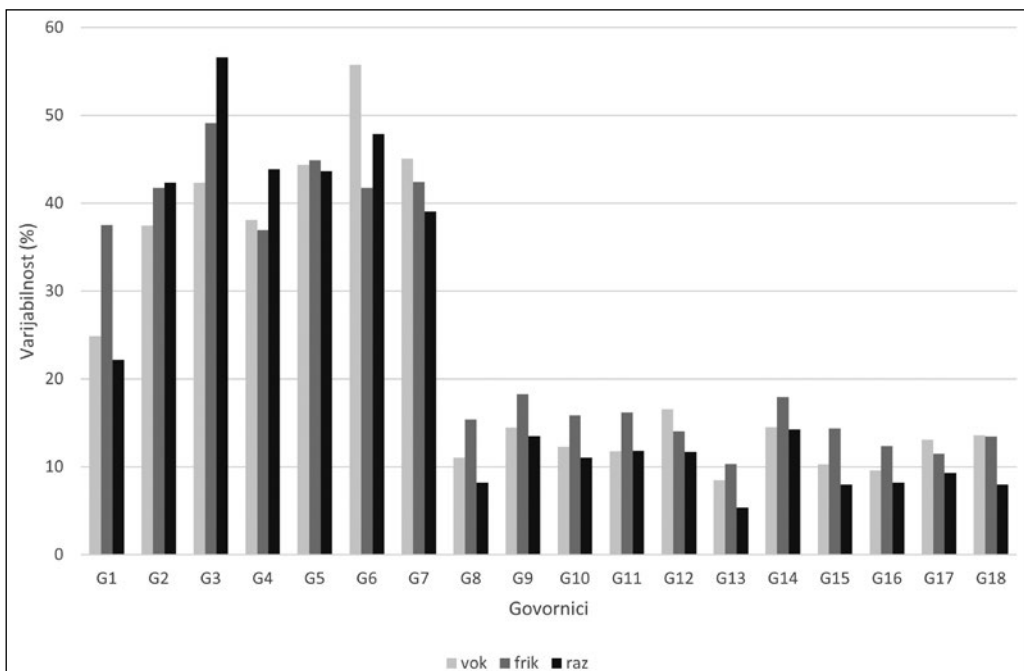
Povezanost između artikulacije i razabirljivosti postoji, no ta dva faktora nisu nužno podudarna. Ako govornik ima atipičan izgovor određenoga glasnika koji je dosljedan tijekom govora, njegova razabirljivost neće nužno biti narušena zbog toga što slušači mogu predviđati govorne pogreške i dosljedan atipičan izgovor (Peterson i Marquardt, 1981, prema Chin i sur., 2012: 356). Istraživanje Tavakoli i suradnika (2022) pokazalo je značajnu korelaciju između postotka točno izgovorenih konsonanata, vokala i razabirljivih riječi kod djece kojoj je ugrađena umjetna pužnica. Djeca koja su točnije izgovarala konsonante i vokale razabirljivije su izgovarala zadane riječi. Pritom je postotak točno izgovorenih vokala bio veći od postotka točno izgovorenih

konsonanata. Iako dosadašnja istraživanja većinom dovode u vezu kvalitetu izgovora glasnika, i to ponajviše vokala, s općom razabirljivosti govora, u našem istraživanju razabirljivost i kvaliteta izgovora glasnika nisu kod svih ispitanika u istom odnosu. Svi tipični govornici i atipični govornik G1 imali su bolje procijenjenu razabirljivost od kvalitete izgovora, dok je kod svih ostalih atipičnih govornika, čiji su klinički podatci (anamneze) manje ohrabrujući, razabirljivost bila lošije procijenjena od kvalitete izgovora vokala i konsonanta. Rezultat koji pokazuje da je kod svih atipičnih ispitanika, osim kod G1, razabirljivost slabije procijenjena nego kvaliteta izgovora, može upućivati na to da su artikulacijske mete dobro uvježbane, dok su koartikulacijski procesi koji te mete povezuju još uvijek nedovoljno usvojeni. U istraživanjima u kojima se namjerno manipuliralo koartikulacijskim obrascima pokazalo se da narušeni koartikulacijski obrasci otežavaju percepciju, što upućuje na utjecaj koartikulacije na percepciju govora (Tjaden i Sussman, 2006). Imajući na umu da prelingvalno oštećenje sluha može utjecati na smanjenu razinu koartikulacije (Monsen, 1976; Waldstein i Baum, 1991; Hardcastle i Tjaden, 2008), a smanjena razina koartikulacije može utjecati na otežanu percepciju takvoga govora i njegovu smanjenu razabirljivost, u nastavku istraživanja bit će važno provjeriti jesu li kinematski koartikulacijski obrasci u govoru ispitanika G1 drugačiji od obrazaca ostalih atipičnih govornika i jesu li ti obrasci kod G1 usporedivi s onima u tipičnih govornika.

Na slici 4 prikazana je varijabilnost ocjena svakoga govornika u svakoj od kategorija procjene (vokali, frikativi, razabirljivost). Ovi rezultati pokazuju razinu međusobnog slaganja stručnih slušača. Rezultati pokazuju da je varijabilnost stručnih slušača u njihovoj procjeni kvalitete izgovora i razabirljivosti veća kod atipičnih nego kod tipičnih govornika. Drugim riječima, slušači su pokazali manje podudaranja u slučaju slabijeg izgovora i manje razabirljivosti govora. Varijabilnost stručnih slušača u procjeni atipičnih ispitanika je između 22 i 57 %, dok je raspon varijabilnosti slušača u procjeni tipičnih ispitanika između 5 i 18 %.

Treba imati na umu da će se procjena razabirljivosti atipičnoga govora razlikovati ovisno o tome koliko su slušači utrenirani, odnosno, radi li se o treniranim ili netreniranim slušačima. Kod Most i suradnika (1996) pokazalo se da trenirani slušači procjenjuju govor osoba sa slušnim oštećenjem razabirljivijim nego što ga procjenjuju netrenirani slušači, dok u istraživanju dizartričnoga govora Walshe i suradnika (2008) nije postojala statistički značajna razlika u procjenama treniranih i netreniranih slušača. To potvrđuju i rezultati istraživanja Mencke i suradnika (1983). Istraživanje govora osoba koje boluju od Parkinsonove bolesti pokazalo je značajne razlike u procjenama razabirljivosti ovisno o iskustvu, gdje su trenirani slušači bolje ocjenjivali

razabirljivost od netreniranih slušača (Carvalho i sur., 2021). U našem su istraživanju sudjelovali trenirani stručni slušači pa je moguće da varijabilnost njihove procjene atipičnih govornika djelomično proizlazi i iz razlika u razini stručnosti, odnosno utreniranosti. Međutim, imajući na umu činjenicu da će procjena slabije razabirljivoga govora ionako korelirati s većom varijabilnosti između slušača, možemo pretpostaviti da se veća varijabilnost u procjeni atipičnih govornika može objasniti i drugim razlozima. Naime, rezultati nekih istraživanja pokazuju da će slušači demonstrirati veće međusobne razlike u procjeni slabije razabirljivoga govora (McHenry, 2011; Lam i Tjaden, 2013; Miller, 2013). Takav obrazac pojavio se i u rezultatima ovog istraživanja. Moguće je da su procjene slušača varijabilnije u slučajevima slabije razabirljivosti i općenito u slučaju atipičnih govornika zbog heterogenijih obilježja koja su zamjetnija u toj skupini govornika (Hustad i sur., 2015). Heterogena obilježja javljaju se zbog različitih kliničkih slika ispitanika, što je čest slučaj u istraživanju atipičnoga govora. Malobrojnost i heterogenost sudionika u istraživanju atipičnoga govora stoga često prisiljava istraživače da svakog sudionika tretiraju kao zasebni eksperimenti (Hardcastle i Tjaden, 2008).



Slika 4. Varijabilnosti procjena stručnih slušača za svaku od procjenjivanih kategorija (vokali, frikativi, razabirljivost) za svakoga govornika (G1 – G18)

U ovom su istraživanju potvrđene sve četiri postavljene hipoteze te su otvorena daljnja istraživačka pitanja. Prvo je pitanje kakav je odnos procjene razabirljivosti i kinematskih koartikulacijskih obilježja govornika uključenih u ovo istraživanje. Posebno je u tom smislu zanimljiv odnos tipičnih i atipičnih ispitanika, s posebnim osvrtom na G1. Ovaj dio istraživanja već je u tijeku i provodi se ultrazvučno i elektropalatografski. Drugo je pitanje kakav bi rezultat procjene kvalitete izgovora ovih govornika bio kada bi mjerenje bilo provedeno nekom drugom metodom (npr. identifikacija riječi ili identifikacija segmenata fonetskom transkripcijom). Ovaj dio istraživanja već je proveden pa će podatci iz ovog članka u nastavku istraživanja biti uspoređeni s podacima dobivenim identifikacijskim testom.

## ZAHVALA

Ovo istraživanje dio je istraživačkog projekta *Koartikulacija u hrvatskom govoru: instrumentalno istraživanje* (KROKO), koji je financirala Hrvatska zaklada za znanost (HRZZ). Autori zahvaljuju svim sudionicima bez kojih ovo istraživanje ne bi bilo moguće. Vladimiru Prašinu zahvalni smo na pomoći u uključivanju atipičnih ispitanika te brojnim savjetima o tumačenju njihovih kliničkih podataka.

## LITERATURA

- Arndt, S., Findeis, L., Wesarg, T., Aschendorff, A., Speck, I., Ketterer, M. C. i Rauch, A. K. (2023). Long-Term Outcome of Cochlear Implantation in Children With Congenital, Perilingual, and Postlingual Single-Sided Deafness. *Ear and Hearing*, 10–1097. DOI: 10.1097/AUD.0000000000001426.
- Birkholz, P. (2013). Modeling Consonant-Vowel Coarticulation for Articulatory Speech Synthesis. *PLoS ONE*, 8 (4): e60603. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060603>.
- Bradlow, A. R., Torretta, G. M. i Pisoni, D. B. (1996). Intelligibility of normal speech I: Global and fine-grained acoustic-phonetic talker characteristics. *Speech communication*, 20 (3–4), 255–272. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-6393\(96\)00063-5](https://doi.org/10.1016/S0167-6393(96)00063-5).
- Carvalho, J., Cardoso, R., Guimarães, I. i Ferreira, J. J. (2021). Speech intelligibility of Parkinson's disease patients evaluated by different groups of healthcare professionals and naïve listeners. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 46 (3), 141–147. DOI: 10.1080/14015439.2020.1785546.

- Chin, S. B., Bergeson, T. R. i Phan, J. (2012). Speech intelligibility and prosody production in children with cochlear implants. *Journal of communication disorders*, 45 (5), 355–366. DOI: 10.1016/j.jcomdis.2012.05.003.
- Chuang, H. F., Yang, C. C., Chi, L. Y., Weismer, G. i Wang, Y. T. (2012). Speech intelligibility, speaking rate, and vowel formant characteristics in Mandarin-speaking children with cochlear implant. *International journal of speech-language pathology*, 14 (2), 119–129. DOI: 10.3109/17549507.2011.639391.
- Connor, C. M., Hieber, S., Arts, H. A. i Zwolan, T. A. (2000). Speech, vocabulary, and the education of children using cochlear implants: oral or total communication? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43 (5), 1185–1204. DOI: 10.1044/jslhr.4305.1185.
- Daniloff, R. G. i Hammarberg, R. E. (1973). On defining coarticulation. *Journal of Phonetics*, 1 (3), 239–248. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)31388-9](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31388-9).
- De Bodt, M. S., Huici, M. E. H. D. i Van De Heyning, P. H. (2002). Intelligibility as a linear combination of dimensions in dysarthric speech. *Journal of communication disorders*, 35 (3), 283–292. DOI: 10.1016/s0021-9924(02)00065-5.
- Derwing, T. M. i Munro, M. J. (1997). Accent, intelligibility, and comprehensibility: Evidence from Four L1s. *Studies in Second Language Acquisition*, 19 (1), 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0272263197001010>.
- Eisenberg, L. S. (2007). Current state of knowledge: speech recognition and production in children with hearing impairment. *Ear and hearing*, 28 (6), 766–772. DOI: 10.1097/AUD.0b013e318157f01f.
- Farnetani, E. (1999). Coarticulation and connected speech processes. U W. J. Hardcastle i J. Laver (ur.), *The handbook of phonetic sciences*, 371–404. Oxford: Blackwell publishers.
- Farnetani, E. i Recasens, D. (2010). Coarticulation and connected speech processes. U W. J. Hardcastle, J. Laver i F. Gibbon (ur.), *The Handbook of Phonetic Sciences*, 316–352. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Flipsen Jr., P. (2008). Intelligibility of spontaneous conversational speech produced by children with cochlear implants: a review. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 72 (5), 559–564. DOI: 10.1016/j.ijporl.2008.01.026.
- Guenther, F. H. i Perkell, J. (2004). A neural model of speech production and its application to studies of the role of auditory feedback in speech. U B. Maasen, R. Kent, H. F. M. Peters, P. Lieshout i W. Hulstijn (ur.), *Speech motor control in normal and disordered speech*, 29–50. Oxford: Oxford University Press.

- Habib, M. G., Waltzman, S. B., Tajudeen, B. i Svirsky, M. A. (2010). Speech production intelligibility of early implanted pediatric cochlear implant users. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 74 (8), 855–859. DOI: 10.1016/j.ijporl.2010.04.009.
- Hardcastle, B. i Tjaden, K. (2008). Coarticulation and Speech Impairment. U M. J. Ball, M. R. Perkins i N. Muller (ur.), *The Handbook of Clinical Linguistics*, 506–524. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Hustad, K. C., Oakes, A. i Allison, K. (2015). Variability and diagnostic accuracy of speech intelligibility scores in children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58 (6), 1695–1707. DOI: 10.1044/2015\_JSLHR-S-14-0365.
- Jett, B., Buss, E., Best, V., Oleson, J. i Calandruccio, L. (2021). Does Sentence-Level Coarticulation Affect Speech Recognition in Noise or a Speech Masker? *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 64 (4), 1390–1403. DOI: 10.1044/2021\_JSLHR-20-00450.
- Kent, R. D., Weismer, G., Kent, J. F. i Rosenbeck, J. C. (1989). Toward phonetic intelligibility testing in dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 54, 482–499. DOI: 10.1044/jshd.5404.482.
- Lam, J. i Tjaden, K. (2013). Intelligibility of clear speech: Effect of instruction. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 56, 1429–1440. DOI: 10.1044/1092-4388(2013/12-0335).
- Leigh, J., Dettman, S., Dowell, R. i Briggs, R. (2013). Communication development in children who receive a cochlear implant by 12 months of age. *Otology & Neurotology*, 34 (3), 443–450. DOI: 10.1097/MAO.0b013e3182814d2c.
- Liker, M. (2018). Electropalatographic analysis of vowels in quasi-spontaneous speech: a preliminary investigation. *The Phonetician*, 115, 5–22.
- Liker, M. (2023). Lateral and central tongue bracing coordination in typical speakers and cochlear implant users. U R. Skarnitzl i J. Volín (ur.), *Proceedings of the 20th International Congress of Phonetic Sciences in Prague*, 903–907. Prag: Guarant International.
- Liu, Z., Xu, Y. i Hsieh, F. F. (2022). Coarticulation as synchronised CV co-onset—Parallel evidence from articulation and acoustics. *Journal of Phonetics*, 90, 101–116. DOI: 10.1016/j.wocn.2021.101116.
- McHenry, M. (2011). An exploration of listener variability in intelligibility judgments. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 20, 119–123. DOI: 10.1044/1058-0360(2010/10-0059).

- Mencke, E. O., Ochsner, G. J. i Testut, E. W. (1983). Listener judges and the speech intelligibility of deaf children. *Journal of Communication Disorders*, 16 (3), 175–180. DOI: 10.1016/0021-9924(83)90031-x.
- Metz, D. E., Samar, V. J., Schiavetti, N. i Sitler, R. W. (1990). Acoustic dimensions of hearing-impaired speakers' intelligibility: Segmental and suprasegmental characteristics. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 33 (3), 476–487. DOI: 10.1044/jshr.3303.476.
- Mildner, V. (2018). Aspects of coarticulation. U M. Gosy i T. E. Graczi (ur.), *Challenges in analysis and processing of spontaneous speech*, 27–48. Budapest: Research Institute for Linguistics & Hungarian Academy of Sciences.
- Mildner, V. i Liker, M. (2008). Fricatives, affricates, and vowels in Croatian children with cochlear implants. *Clinical linguistics & phonetics*, 22 (10), 845–856. DOI: 10.1080/02699200802130557.
- Mildner, V., Šindija, B. i Horga, D. (2003). Evaluation of Croatian-speaking children's speech with cochlear implants and comparison with hearing-aid users. *Journal of Multilingual Communication Disorders*, 1 (1), 63–70.
- Mildner, V., Šindija, B. i Vrban Zrinski, K. (2006). Speech perception of children with cochlear implants and children with traditional hearing aids. *Clinical linguistics & phonetics*, 20, 2–3, 219–229. DOI: 10.1080/02699200400027031.
- Miller, N. (2013). Measuring up to speech intelligibility. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 48 (6), 601–612. DOI: 10.1111/1460-6984.12061.
- Monsen, R. B. (1976). Normal and reduced phonological space: The production of English vowels by deaf adolescents. *Journal of Phonetics*, 4 (3), 189–198. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)31243-4](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31243-4).
- Monsen, R. B. (1981). A usable test of speech intelligibility of deaf talkers. *American Annals of the Deaf*, 126, 845–852. DOI: 10.1353/aad.2012.1333.
- Monsen, R. B. (1983). The oral speech intelligibility of hearing-impaired talkers. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 48 (3), 286–296. DOI: <https://doi.org/10.1044/jshd.4803.286>.
- Most, T., Weisel, A. i Lev-Matezky, A. (1996). Speech intelligibility and the evaluation of personal qualities by experienced and inexperienced listeners. *Volta Review*, 98 (4), 181–190.
- Munro, M. i Derwing, T. (2011). The foundations of accent and intelligibility in pronunciation research. *Language Teaching*, 44 (3), 316–327. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0261444811000103>.

- Okalidou, A. i Harris, K. S. (1999). A comparison of intergestural patterns in deaf and hearing adult speakers: Implications from an acoustic analysis of disyllables. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106 (1), 394–410. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.427064>.
- Recasens, D. (1999). Lingual coarticulation. U W. Hardcastle i N. Hewlett (ur.), *Coarticulation: Theory, Data and Techniques* (Cambridge Studies in Speech Science and Communication), 80–104. Cambridge: Cambridge University Press.
- Recasens, D. (2018). Coarticulation. U M. Aronoff (glavni ur.) i D. Whalen (viši ur.), *The Oxford Research Encyclopedia of Linguistics*. Oxford: Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511486395>.
- Recasens, D., Pallares, M. D. i Fontdevila, J. (1997). A model of lingual coarticulation based on articulatory constraints. *Journal of the Acoustical Society of America*, 102 (1), 544–561. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.419727>.
- Sarant, J. i Naz, S. (2012). Cochlear implants in children: A review. *Hearing loss*, 122, 356–362. DOI: 10.5772/32762.
- Schiavetti, N. (1992). Scaling procedures for the measurement of speech intelligibility. U R. D. Kent (ur.), *Intelligibility in Speech Disorders: Theory, measurement and management*, 11–34. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company. DOI: <https://doi.org/10.1075/sspcl.1.02sch>.
- Sfakianaki, A., Nicolaidis, K. i Okalidou, A. (2017). Vowel-to-vowel coarticulation in Greek normal-hearing and hearing-impaired speech. U E. Babatsouli (ur.), *Proceedings of the International Symposium on Monolingual and Bilingual Speech*, 258–263. Chania, Grčka.
- Sharma, A., Dorman, M. F. i Spahr, A. J. (2002). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear and hearing*, 23 (6), 532–539. DOI: 10.1097/00003446-200212000-00004.
- Svirsky, M. A., Chin, S. B. i Jester, A. (2007). The effects of age at implantation on speech intelligibility in pediatric cochlear implant users: Clinical outcomes and sensitive periods. *Audiological Medicine*, 5 (4), 293–306. DOI: 10.1080/16513860701727847.
- Tavakoli, M., Jalilevand, N., Kamali, M., Modarresi, Y. i Zarandy, M. M. (2022). Speech Intelligibility in Children with Cochlear Implants Compared to Normal-Hearing Peers Matched for Chronological Age and Hearing Age. *Auditory and Vestibular Research*, 31 (3), 232–237. DOI: 10.18502/avr.v31i3.9873.
- Tjaden, K. (1999). Can a model of overlapping gestures account for scanning speech patterns? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 604–617. DOI: 10.1044/jslhr.4203.604.

- Tjaden, K. i Sussman, J. (2006). Perception of coarticulatory information in normal speech and dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 49 (4), 888–902. DOI: [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2006/064\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006/064)).
- Tomić, D. i Mildner, V. (2014). *Validation of Croatian Intelligibility in Context Scale*. 15th International Clinical Phonetics and Linguistics Association Conference. Poster. Stockholm, Švedska.
- Volenc, V. (2015). Coarticulation. U J. Davis, (ur.), *Phonetics: Fundamentals, Potential Applications and Role in Communicative Disorders*, 47–86. New York: Nova.
- Waldstein, R. S. i Baum, S. R. (1991). Anticipatory coarticulation in the speech of profoundly hearing-impaired and normally hearing children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 34 (6), 1276–1285. DOI: 10.1044/jshr.3406.1276.
- Walshe, M., Miller, N., Leahy, M. i Murray, A. (2008). Intelligibility of dysarthric speech: perceptions of speakers and listeners. *International journal of language & communication disorders*, 43 (6), 633–648. DOI: 10.1080/13682820801887117.
- Weismer, G. (2008). Speech intelligibility. U M. J. Ball, M. R. Perkins, N. Müller i S. Howard (ur.), *The Handbook of Clinical Linguistics*, 568–582. Blackwell Publishing Ltd. DOI: 10.1002/9781444301007.ch35.
- Weismer, G., Tjaden, K. i Kent, R. D. (1995). Can articulatory behavior in motor speech disorders be accounted for by theories of normal speech production? *Journal of Phonetics*, 23 (1–2), 149–164. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(95\)80039-5](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(95)80039-5).
- Xue, W. (2023). *Measuring the intelligibility of pathological speech through subjective and objective procedures*. Doktorski rad. Sveučilište Radboud. Nijmegen.
- Zharkova, N., Hewlett, N. i Hardcastle, W. J. (2011). Coarticulation as an indicator of speech motor control development in children: An ultrasound study. *Motor Control*, 15 (1), 118–140. DOI: 10.1123/mcj.15.1.118.
- Zharkova, N., Lickley, R. J. i Hardcastle, W. J. (2014). Development of lingual coarticulation and articulatory constraints between childhood and adolescence: an ultrasound study. U S. Fuchs, M. Grice, A. Hermes, L. Lancia i D. Mücke, (ur.), *Proceedings of the 10th International Seminar on Speech Production (ISSP) 2014*, 427–475. Köln: Universität Köln.

## INTELLIGIBILITY OF TYPICAL AND ATYPICAL SPEECH: IMPLICATIONS FOR COARTICULATION RESEARCH

### Abstract

Reduced speech intelligibility in individuals with prelingual hearing impairment is associated with several speech parameters, but it remains unclear to what extent certain coarticulatory features might affect this reduction. This research is part of a larger study on the relationship between coarticulation and intelligibility in cochlear implant users with prelingual hearing impairment. The aim is to investigate how expert listeners will evaluate the quality of pronunciation in relation to speech intelligibility in normal-hearing speakers and cochlear implant users. The study involved 32 expert listeners who evaluated the pronunciation quality of vowels and fricatives as well as overall speech intelligibility in normal-hearing speakers ( $n = 11$ ) and cochlear implant users ( $n = 7$ ). The results showed a significant difference between the two groups of speakers in all three observed parameters, as well as in the relationship between the assessed intelligibility and the pronunciation quality. The results are discussed in the context of clinical data and in light of implications for kinematic studies of coarticulation.

**Keywords:** speech intelligibility, coarticulation, cochlear implant, Croatian