

# Pivotiranje jezika u hrvatskome kod atipičnih ispitanika

---

**Nodilo, Nina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:968449>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-15**



Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
University of Zagreb  
Faculty of Humanities  
and Social Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb  
Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
Odsjek za fonetiku

Nina Nodilo

**PIVOTIRANJE JEZIKA U HRVATSKOME  
KOD ATIPICNIH ISPITANIKA**

Diplomski rad

Zagreb, lipanj 2023.

Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
Odsjek za fonetiku

Nina Nodilo

**PIVOTIRANJE JEZIKA U HRVATSKOME  
KOD ATIPIČNIH ISPITANIKA**

Diplomski rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marko Liker

Zagreb, lipanj 2023.

## **PODACI O AUTORICI**

Ime i prezime: Nina Nodilo

Naziv oba studija: znanstveno usmjerenje fonetike/jezikoslovni smjer kroatistike

## **PODACI O RADU**

Naslov rada na hrvatskome jeziku: *Pivotiranje jezika u hrvatskome kod atipičnih ispitanika*

Naslov rada na engleskome jeziku: *The Tongue Pivoting in Croatian in atypical participants*

Datum predaje rada: 30. lipnja 2023.

## **IZJAVA O AUTORSTVU DIPLOMSKOGA RADA**

Ovim potvrđujem da sam osobno napisala diplomski rad pod naslovom

### **Pivotiranje jezika u hrvatskome kod atipičnih ispitanika**

i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, podaci ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima (mrežni izvori, udžbenici, knjige, znanstveni, stručni članci i sl.) u radu su jasno označeni kao takvi te su navedeni u popisu literature.

Ime i prezime studenta/ice

Nina Nodilo

Zagreb, 30. lipnja 2023.

## Zahvala

*Najprije zahvaljujem profesoru Likeru, svomu mentoru, na strpljenu i pomoći. Zahvaljujem i svima koji su me poticali da konačno završim, znate tko ste.*

*Ovo istraživanje provedeno je u sklopu znanstveno-istraživačkoga projekta KROKO koji je financirala HRZZ. Svi materijali i postupci preuzeti su iz projekta, a etička povjerenstva Filozofskog fakulteta, Poliklinike SUVAG i HRZZ-a odobrila su sve aspekte znanstveno-istraživačkog rada na projektu.*

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
<b>2. Dosadašnja istraživanja</b> .....	1
2.1. <i>Temeljni principi organizacije pokreta jezika tijekom govora</i> .....	1
2.2. <i>Ukratko o koartikulaciji</i> .....	2
2.3. <i>Pivot</i> .....	6
2.4. <i>Luk (Arch)</i> .....	10
2.5. <i>Prijenos (Shift)</i> .....	12
2.6. <i>Teorijska i biomehanička podloga pivotiranja</i> .....	13
2.7. <i>Akustičke i percepcijske posljedice pivotiranja</i> .....	14
2.8. <i>Specifičnosti istraživanja atipičnoga govora</i> .....	17
<b>3. Cilj i hipoteze</b> .....	19
<b>4. Metoda</b> .....	23
4.1. <i>Ispitanici i govorni materijal</i> .....	23
4.2. <i>Procedura</i> .....	24
4.2.1. <i>Snimanje i priprema podataka</i> .....	24
4.2.2. <i>Određivanje pivota</i> .....	25
4.2.3. <i>Analiza podataka</i> .....	27
<b>5. Rezultati i rasprava</b> .....	29
5.1. <i>Broj pivota</i> .....	29
5.2. <i>Trajanje pivota</i> .....	30
5.3. <i>Snaga pivota i preciznost točke pivota</i> .....	32
5.4. <i>Položaj točke pivota</i> .....	36
5.5. <i>Ostali obrasci kretanja jezika</i> .....	38
<b>6. Zaključci</b> .....	40
<b>Literatura</b> .....	42
<b>Sažetak</b> .....	44
<b>Abstract</b> .....	45

## 1. Uvod

Ovaj se diplomski rad bavi fenomenom pivotiranja jezika. Pivotiranje je vertikalno pomicanje jezika oko relativno stabilne središnje točke, a javlja se na prijelazima nekih artikulacijskih gesta zbog artikulacijskih ograničenja i koartikulacijskih otpora. U prvome dijelu rada nalazi se pregled literature relevantne za razumijevanje pivotiranja uz kratak dio o istraživanjima koartikulacije u atipičnome govoru. Nakon navođenja cilja i hipoteza opisat će se metoda istraživanja, a potom iznijeti rezultati i rasprava te na kraju zaključci rada. Istraživanja su pokazala da bi pivot mogao biti jedan od temeljnih globalnih pokreta jezika tijekom govora koji ujedno utječe i na percepciju govora, pa bi proučavanje pivotiranja pridonijelo ne samo spoznajama o artikulaciji i koartikulaciji nego bi se to znanje moglo primijeniti i u rehabilitaciji. Cilj je ovoga rada istražiti fenomen pivotiranja u govoru prelingvalno gluhih govornika hrvatskoga jezika s ugrađenom umjetnom pužnicom. Pretpostavlja se da će se pivote pronaći u govornome materijalu, da će broj pivota i karakteristike pivotiranja biti povezani s kliničkom slikom ispitanika te da će broj pivota i položaj točke pivota ovisiti o glasovnome kontekstu. U istraživanju će se koristiti govorni materijal prikupljen u okviru projekta KROKO. Pivotiranje će se analizirati na ultrazvučnim snimkama kvazispontanoga govora u vokalima [i], [a] i [u] omeđenima frikativom [ʃ].

## 2. Dosadašnja istraživanja

### 2.1. Temeljni principi organizacije pokreta jezika tijekom govora

Važnost jezika kao organa za proizvodnju govora opće je poznata u fonetici. Jezik je iznimno fleksibilan i pokretljiv, a njegova sposobnost istodobnoga pomicanja različitih dijelova omogućuje veliku brzinu govora. Većina glasova u svjetskim jezicima tvori se upravo pokretima jezika. Unatoč tome stručnjaci se još uvijek ne slažu oko toga koji su temeljni principi organizacije pokreta jezika tijekom govora. Ponaša li se jezik posve različito u različitim artikulacijskim prijelazima ili postoje određeni globalni obrasci kretanja jezika? Odgovor na to pitanje, napominje Iskarous (1999: 429), pružio bi važne spoznaje istraživačima lingvalne koartikulacije, akustičke fonetike, pa čak i sinteze govora. Na globalne obrasce kretanja jezika upućivali bi pokreti koji se javljaju u različitim vrstama artikulacijskih prijelaza neovisno o početnoj i završnoj poziciji jezika (usp. Iskarous, 2005: 364). Razvoj fizioloških instrumentalnih metoda istraživanja proizvodnje govora (usp. Horga i Liker, 2016: 333–351), posebno metoda vizualnoga prikaza (rendgen, magnetska rezonancija, računalna tomografija,



ultrazvuk), omogućio je prikaz cjelovitih pokreta jezika, ali te je prikaze bilo teško uspoređivati jer ih se nije moglo smjestiti unutar iste skale mjerenja. Znanstvenici su stoga pratili kretanje pojedinačnih točaka na jeziku. Houde (1968, prema Iskarous, 2005: 364) je, promatrajući kretanje točaka jezika u sljedovima tipa vokal – konsonant – vokal (VKV-sljedovima), otkrio da su putanje njihova kretanja zakrivljene, a ne pravocrtne. Ako su važni samo položaji jezika karakteristični za pojedine glasove, tj. artikulacijske mete, moglo bi se pretpostaviti da su putanje kretanja točaka jezika pravocrtne jer bi to bilo maksimalno ekonomično. Kako se to pokazalo netočnim, stručnjaci su pokušavali pronaći objašnjenje za zakrivljene putanje. Treba naglasiti kako su zakrivljene putanje karakteristične za jezik sam: kada se matematički ukloni utjecaj donje čeljusti na kretanje jezika, one su i dalje prisutne (usp. Iskarous, 2005: 364). Međutim, kako Iskarous (2005) i ističe, ako se želi doći do temeljnih principa organizacije pokreta jezika pri govoru, promatranje kretanja pojedinačnih točaka možda i nije najbolje rješenje. Pretpostavi li se da motorička kontrola u ljudskome organizmu funkcionira na principu efikasnosti, može se zaključiti da je prilično zahtjevno kontrolirati pojedinačne točke na jeziku jer ih ima previše, tj. u tome je slučaju broj stupnjeva slobode pri opisu kretanja jezika jako velik. Jednostavnije je postaviti zahtjeve za globalne pokrete kojima se pojedini dijelovi jezika prilagođavaju.

## 2.2. Ukratko o koartikulaciji

Istraživanje koartikulacije podrazumijeva istraživanje zakonitosti u kretanju artikulatora, pa tako i jezika. Pregled koartikulacije u ovome radu ponajviše se oslanja na poglavlje o koartikulaciji iz *Artikulacijske fonetike* Horge i Likera (2016). Autori koartikulaciju na samome početku definiraju na sljedeći način: „Tijekom govora govorni je trakt u svakom trenutku pod utjecajem dvaju ili više izgovornih segmenata, a pokreti artikulatora preklapaju se u vremenu i utječu jedan na drugoga. To je stalna pojava u izgovoru koja se naziva koartikulacijom ili suizgovorom.” (Horga i Liker, 2016: 289) Definicije koartikulacije obično su ili vrlo opširne ili koartikulaciju određuju u okvirima pojedine teorije jer ne postoji suglasnost oko uzroka i funkcije koartikulacije. Oni pak ovise o pitanju jezične ili biomehaničke uvjetovanosti koje je tradicionalno bilo vezano uz opreku koartikulacije i asimilacije. Asimilaciju Kapović (2023: 358) definira kao „proces u kojem dva ili više segmenata, u istom ili susjednim slogovima (koji pripadaju istoj ili susjednim riječima) ili unutar jedne riječi, postaju sličniji ili potpuno isti (po mjestu ili načinu izgovora) tako što jedan ili neki od njih poprimaju jedno ili više obilježja od onog drugog”. Asimilacija je tradicionalno predmet

fonološkoga interesa kao jedan od čestih oblika glasovnih promjena. Hardcastle i Tjaden (2008: 506) napominju kako se koartikulacija u širem smislu preklapa s pojmom asimilacije, ali kako neki znanstvenici pod koartikulacijom podrazumijevaju samo fiziološke mehanizme pri preklapanju artikulacijskih pokreta. Horga i Liker (2016: 292) opreku koartikulacije i asimilacije promatraju kroz opreku generativne i postgenerativne gramatike: generativni gramatičari asimilaciju su smatrali karakterističnom za gramatiku pojedinoga jezika, a koartikulaciju jezično univerzalnim, biomehanički uvjetovanim procesom. Takvo se mišljenje održalo do sredine 1970-ih godina kada su laboratorijski podaci pokazali da se koartikulacija razlikuje od jezika do jezika. Međutim teško je razlučiti u kojemu je jeziku pojedini koartikulacijski proces jezično specifična, a u kojemu biomehanički uvjetovana pojava (usp. Horga i Liker, 2016: 292). Pitanje jezične ili biomehaničke uvjetovanosti ovisi zapravo o tome koje su temeljne jedinice govorne proizvodnje. Postojanje takvih jedinica gotovo je sigurno jer je sustav s određenim brojem jedinica pohranjenih na upravljačkoj razini puno ekonomičniji od sustava koji ima pohranjene sve moguće varijacije nekoga govornog pokreta, ali se sa sigurnošću ne zna jesu li to fonemi, razlikovna obilježja, slogovi, artikulacijske geste ili nešto posve drugo.

Horga i Liker kompleksan problem koartikulacije pokušavaju predočiti na tri načina: razmatrajući najvažnije teorije koartikulacije, donoseći spoznaje o smjeru i dometu koartikulacijskih utjecaja, promatrajući koartikulacijske procese na različitim artikulacijskim podsustavima. Za ovaj rad najvažnije su teorije, pa će se na njih i usredotočiti. Prema Horgi i Likeru tri su najvažnija shvaćanja koartikulacije: teorija da je koartikulacija produkt govorne ekonomičnosti, teorija da je koartikulacija proces širenja fonoloških obilježja i teorija da je koartikulacija koprodukcija, odnosno preklapanje artikulacijskih gesta. Teorija varijabilne adaptivnosti (usp. Horga i Liker, 2016: 295–297), čiji je začetnik Björn Lindblom, temelji se na ekonomičnosti u potrošnji energije. Ako je važno da govor bude razgovijetan, govorimo sporije i manje koartikuliramo tako da se postignu artikulacijske mete, ako razgovijetnost nije prioritet, možemo govoriti brže i više koartikulirati, pri čemu se artikulacijske mete reduciraju. Prema Lindblomovoj teoriji uzrok je koartikulacije stoga ušteda energije tijekom govora. Kako je međutim dokazano da redukcija vokala može biti prisutna i u sporome govoru, a brzi govor ne mora nužno reducirati vokale, Lindblom je svoju teoriju revidirao uvevši koncept govornoga stila. Ako govorni stil to zahtijeva, pri brzome govoru većom artikulacijskom silom može se smanjiti redukcija jer se ubrza rad artikulatora i tako poveća njihov zamah. Lindblom nije

pokušao odrediti temeljne jedinice govorne proizvodnje iako u kasnijim radovima spominje da bi to mogla biti fonetska gesta.

Teorija o koartikulaciji kao procesu širenja fonoloških obilježja nastala je u kontekstu postgenerativne fonologije ili, kako ju Horga i Liker (2016: 297) prikladno nazivaju po uzoru na Farnetani (1999), fonologije obilježja. Jednostavniji model u okvirima takvoga pogleda na koartikulaciju Henkeov je model. Prema njemu segmenti su na jezičnoj, planskoj razini specificirani s obzirom na to posjeduju li ili ne posjeduju određeno razlikovno obilježje (+, -, 0), pa se koartikulacija objašnjava time da segment koji ima jedno razlikovno obilježje (+) širi svoj koartikulacijski utjecaj na susjedne segmente sve dok ne dođe do segmenta sa suprotnim određenjem (-). Svi nespecificirani segmenti (0) koji se nalaze između podložni su tome utjecaju, što znači da bi se on u teoriji mogao širiti jako daleko. Henkeov model, ipak, nije mogao objasniti razlike u širenju koartikulacijskih utjecaja onih glasova koji imaju isto obilježje, ali pripadaju različitim jezicima. Odgovor je stigao 1990. u obliku prozorskoga modela koartikulacije Patricie Keating koji je mogao objasniti i jezične razlike i postupnost koartikulacijskih promjena. Prema tomu modelu svako razlikovno obilježje povezano je s određenom fizičkom karakteristikom, ali nema samo jednu fizičku realizaciju, već raspon mogućih fizičkih realizacija – tzv. prozor. Širina prozora za svako obilježje razlikuje se s obzirom na razinu specificiranosti toga obilježja u različitim jezicima. Naprimjer u hrvatskome jeziku glas [n] nije specificiran prema zaokruženosti, pa ima širok prozor, a glas [o] jest, pa ima uzak prozor. Ako se glasovi u riječi „ono” zamisle poredani jedni do drugih sa svojim prozorima za obilježje zaokruženosti, dobije se sljedeća slika: uski prozor – široki prozor – uski prozor. Koartikulacija se prikazuje kao interpolacijska krivulja koja prolazi kroz prozore i kreće se prema načelu minimalnoga artikulacijskoga napora, pa bi kroz riječ „ono” prošla ravno, na razini koja odgovara prozorima za [o]. Uzme li se druga riječ – „Ana” – i pogledaju prozori za obilježje visine, koartikulacijska se krivulja ne može kretati ravno jer je [a] niski vokal, a [n] ima specifikaciju +visok. Keatingin model podrazumijeva odvojenost fonološke i fonetske razine te razlikovna obilježja kao temeljne jedinice govorne proizvodnje. Prema njemu koartikulacija ne povećava varijabilnost govora, već je smanjuje: glasovi se mogu realizirati na više načina, ali u istoj fonetskoj okolini realiziraju se na sličan način zbog prilagodbe prozorima. Kritike ovoga modela usmjerene su na nepreciznost pri određivanju širine prozora, na činjenicu da se koartikulacijski utjecaji ne šire tako jednostavno kroz nespecificirane glasove te na to da model olako uključuje u gramatiku bilo koju pravilnost u izgovoru koja nije univerzalna (v. Horga i Liker, 2016: 301).

Posljednja je velika teorija koprodukcijaska teorija koartikulacije koju su oformili lingvisti i psiholozi krajem 1970-ih. Temeljna je jedinica govorne proizvodnje u okviru ove teorije fonetska/artikulacijska gesta, za čije su konceptualno oblikovanje zaslužne gestovna fonologija, artikulacijska fonologija i dinamična teorija govorne proizvodnje. Potonja je preuzeta iz prirodnih znanosti jer je, napominju Horga i Liker (2016: 302), nakon Drugoga svjetskoga rata bilo popularno promatrati govorni proces kao motorički program, ali se kasnije pokazalo da koncept motoričkoga programa raspolaže prevelikim brojem stupnjeva slobode i opteretio bi sustav za govornu proizvodnju opcijama koje nisu izvedive. Umjesto toga za objašnjenje artikulacijskih gesta primijenio se pojam koordinativnih struktura – skupa živčanih, mišićnih i koštanih struktura koje mogu usklađeno funkcionirati kao jedna jedinica ako je to potrebno. Artikulacijska gesta je tako „sinergijski planirani pokret više artikulatora s određenim ciljem” (Horga i Liker, 2016: 302). Taj je cilj važniji od načina na koji ga se postiže: dokazano je da ako se jedan od artikulatora omete toliko brzo da upravljačka razina ne stigne poslati uputu za prilagodbu, artikulacijska će se gesta svejedno postići jer upravljačka razina ne postavlja cilj svakomu artikulatoru zasebno. Glavna je pretpostavka artikulacijske i gestovne fonologije da su artikulacijske geste diskretne i kontekstualno neovisne iako se pokreti artikulatora i akustički ostvaraji odvijaju kontinuirano i na njima se vidi utjecaj konteksta. Geste su dakle temeljne jedinice govorne proizvodnje i na upravljačkoj i na izvedbenoj razini, diskretne su i kontekstualno neovisne, imaju točno određeno trajanje i u govoru se preklapaju jedne preko drugih – koartikulaciju uvjetuje upravo njihovo preklapanje. Do najvećega preklapanja dolazi kada se dvije artikulacijske geste koriste istim artikulatorom na sličan način. Do najvećega sukoba dolazi kada se dvije geste koriste istim artikulatorom, ali od njega zahtijevaju različite pokrete. Razrješenje toga sukoba u lingvalnoj koartikulaciji opisuje Recasensov model stupnja artikulacijske angažiranosti (usp. Horga i Liker, 2016: 304). Prema njegovu modelu vrijedi sljedeće pravilo: ako dvije artikulacijske geste zahtijevaju dva različita pokreta od istoga artikulatora, ona gesta koja više angažira leđa jezika imat će veći koartikulacijski otpor i vršit će veći koartikulacijski pritisak na drugu gestu. Konsonanti se od onih koji najmanje angažiraju leđa jezika prema onima koji ih angažiraju najviše (ako su svi ostali uvjeti isti) redaju ovako: labijali, labiodentali, velari (uvulari, faringali), dentali, alveolari, postalveolari, palatali. Ovako preciziran redoslijed iznose Horga i Liker (2016: 306), a temelji se na Recasensovim (1999: 89–91) navodima. Treba samo napomenuti da su Horga i Liker (2016) zabunom redoslijedu pridali suprotno značenje, ali na drugome mjestu spominju kako postalveolari i palatali maksimalno angažiraju leđa jezika. Nadalje postoje i dodatne artikulacijske karakteristike koje povećavaju koartikulacijski otpor jer se koriste leđima jezika na posebne načine, a to su

zvučnost, frikativnost, vibrantnost, lateralnost, velariziranost i palataliziranost (v. Recasens, 1999: 91–93). Svi se ti utjecaji na koartikulacijski otpor i pritisak moraju uzeti u obzir jer veći otpor smanjuje varijabilnost među ispitanicima i među ostvarajima istoga ispitanika (v. Horga i Liker, 2016: 306). Recasensov model dobro objašnjava koartikulacijske procese na razini jezika, ali ne i u nekim drugim artikulacijskim podsustavima.

Kada se govori o smjeru širenja koartikulacijskih utjecaja, misli se na razliku između anticipacijske (regresivne) koartikulacije koja podrazumijeva utjecaj nadolazećih glasova na prethodne i progresivne (prijenosne) koartikulacije koja podrazumijeva utjecaj prethodnih glasova na nadolazeće. Ta se dva tipa koartikulacije obično nisu promatrala s jednakim zanimanjem. Dok se progresivna koartikulacija mogla objasniti biomehaničkim karakteristikama artikulatora, tj. kao posljedica inercije govornih organa – Hardcastle i Tjaden (2008: 507) daju primjer sporoga uzdizanja mekoga nepca u slogu [mi] radi tromosti toga artikulatora – anticipacijska koartikulacija podrazumijeva jezično planiranje. Horga i Liker (2016: 305) međutim ističu kako su istraživanja pokazala da je i progresivna koartikulacija planirana, ali omjer utjecaja biomehanike i planiranja u različitim jezicima ostaje nepoznat. Hardcastle i Tjaden (2008: 507) spominju kako anticipacijska koartikulacija pospješuje percepciju, a Waldstein i Baum (1994) u svome istraživanju pokazuju da i anticipacijska i progresivna koartikulacija omogućuju prepoznavanje vokala samo iz šuma okolnih konsonanata (s tim da su rezultati bolji za anticipacijsku koartikulaciju).

Na pitanje o dometu utjecaja koartikulacije različite teorije daju različite odgovore. Koprodukcijaska teorija pretpostavlja da koartikulacijski utjecaji imaju točno određeno trajanje, a teorija o koartikulaciji kao procesu širenja obilježja domet utjecaja ograničava pojavom suprotnoga obilježja. Empirijski podaci začudo pružaju dokaze za obje teorije: naprimjer čini se da spuštanje mekoga nepca radi ostvarenja nazala ima fiksno trajanje, ali zaokruženost usana različito traje u različitim jezicima (usp. Horga i Liker 2016: 305). Doduše, bolja bi potpora za teoriju širenja obilježja bilo različito trajanje zaokruženosti u istome jeziku, ovisno o okolnim glasovima.

### 2.3. *Pivot*

Teorijska je podloga Iskarousove (2005: 365) analize globalnih pokreta jezika artikulacijska fonologija i dinamična teorija govorne proizvodnje. Potonja podrazumijeva dvije razine proizvodnje govora – razinu gesta (razinu višega reda) i razinu artikulatora (razinu nižega

reda). Kako bi razumio pokrete jezika na razini artikulacijskih gesta, Iskarous (2005) je trebao tip analize koji bi odgovarao takvoj višoj razini. U svome se radu oslanja na radove Maureen Stone koja je ispitala trodimenzionalno kretanje jezika koristeći se ultrazvučnim prikazom. Unser i Stone (1992: 3005) na prijelazu iz [ʃ] u [a] pronašli su pokret koji se opisuje kao rotacija jezika oko točke pivota. Iskarous (2005: 366) kao cilj svoga rada navodi pronalazak globalnih pokreta jezika koji bi ukazivali na razinu gesta usto pretpostavljajući da će u različitim artikulacijskim prijelazima naići na rotaciju jezika oko točke pivota i da će otkriti koliko je ona značajna. Kretanje jezika u midsagitalnome presjeku promatrao je na 600 artikulacijskih prijelaza s rendgenskih snimki govornika kanadske inačice engleskoga i francuskoga jezika. Rendgenske snimke mogu se razdvojiti na niz uzastopnih sličica (engl. *frames*). Jedna sličica predstavlja jedan prozor analize u kojemu se nalazi prikaz jezika u određenome položaju. Sljedeća sličica predstavlja sljedeći prozor analize s jezikom u drugome položaju. Kako bi mogao vidjeti promjene u kretanju jezika prilikom izgovora artikulacijskih prijelaza, Iskarous (2005) je sve sličice uključene u izgovor jednoga prijelaza postavio jedne preko drugih. Nakon toga je razlike među položajima jezika na sličicama izračunao izmjerivši udaljenost svake točke na krivulji jezika u midsagitalnome presjeku od fiksnih struktura vokalnoga trakta (palatalnoga i faringalnoga zida). To je učinio za sve krivulje artikulacijskoga prijelaza. Ta se mjera naziva funkcijom midsagitalne udaljenosti (engl. *midsagittal distance function*) i ukazuje na kretanje jezika u midsagitalnoj ravnini omeđenoj fiksnim strukturama vokalnoga trakta. Ako postoji promjena u funkciji midsagitalne udaljenosti, jezik se pomiče okomito u odnosu na fiksne strukture, a ako ona iznosi nula, to znači da se jezik kreće isključivo paralelno s fiksnim strukturama. Yehia (1997: 9) midsagitalnu udaljenost definira kao „udaljenost između točaka gdje idealan longitudinalni zvučni val koji se širi [vokalnim]<sup>1</sup> traktom ‘dodiruje’ anteriorne i posteriorne zidove profila”<sup>2</sup>.

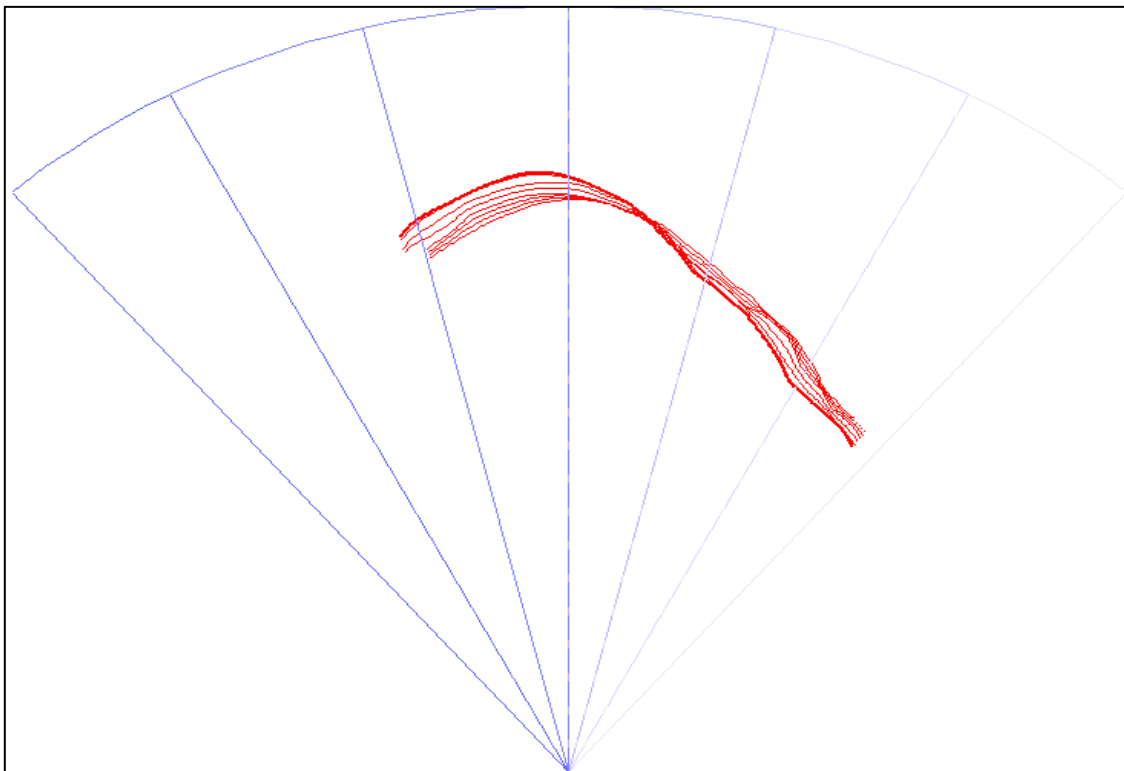
U dijelu artikulacijskih prijelaza Iskarous (2005) je primijetio pokret koji opisuje na sljedeći način: u dvama dijelovima vokalnoga trakta dolazi do velike promjene u funkciji midsagitalne udaljenosti, a u dijelu vokalnoga trakta koji se nalazi između njih nalazi se područje prema kojemu se promjena u funkciji midsagitalne udaljenosti smanjuje toliko da je u jednoj točki gotovo i nema. Tu točku Iskarous naziva točkom pivota, a tu vrstu kretanja jezika naziva obrascem pivota (engl. *pivot pattern*). Na Slici 1. nalazi se primjer pivota iz ovoga istraživanja. Nažalost, Iskarous (2005) nije zabilježio točan broj pivota koje je pronašao, ali u

---

<sup>1</sup> Autorica dodala radi jasnoće.

<sup>2</sup> Prev. autorica rada.

kasnijim radovima spominje kako većina artikulacijskih prijelaza s lingvalno specificiranim glasovima u opisanome istraživanju sadrži pivote. Ono što se posebno ističe jest da točka pivota nije točka u kojoj jezik miruje tijekom artikulacijskoga prijelaza: pivoti se ne ostvaruju tako da se jezik jednostavno zarotira oko jedne točke, već kroz tu točku i prolazi (v. Iskarous, 2005: 369). Drugim riječima, dok se tijekom pivotiranja u drugim dijelovima vokalnoga trakta jezik kreće okomito na strukture koje omeđuju vokalni trakt, kroz točku se pivota kreće paralelno s njima. Točka pivota točka je u vokalnome traktu u kojoj je promjena u vertikalnome kretanju jezika u odnosu na fiksne strukture minimalna. Ako promatramo pojedinačne točke na jeziku, pivotiranje se čini kompleksnim, ali ako promatramo samo promjene u midsagitalnoj ravnini, pokret je zapravo jednostavan i može se svesti na samo tri točke – dvije u kojima je vertikalno kretanje jezika u odnosu na fiksne strukture maksimalno i jednu u kojoj je minimalno. Važno je istaknuti i to da se pivotiranje može dogoditi na različitim mjestima u vokalnome traktu, kao što Iskarous (2005: 372) i pokazuje.



Slika 1. Primjer pivota u vokalu [a] iz ovoga istraživanja. Prednji dio jezika nalazi se na lijevoj, a stražnji na desnoj strani slike. Podebljana linija predstavlja završnu poziciju jezika u detektiranome pivotu.

Iskarous i sur. (2010: 3718) pivot definiraju u odnosu na termine mjesta suženja (engl. *constriction location*) i stupnja suženja (engl. *constriction degree*). Pri pivotiranju stupanj se suženja maksimalno mijenja na dvama mjestima, a minimalno između njih. Na taj se način čuva diskretnost mjesta suženja, tj. ono se ne mijenja kontinuirano kroz vokalni trakt. U istome radu (v. Iskarous i sur., 2010: 3721) spominje se i indeks pivotiranja – način na koji se kvantificira koliko je pokret jezika nalik pivotu. Njime se Iskarous (2005) koristio i ranije, samo ne u posve istome obliku (v. sljedeće potpoglavlje). Pri njegovu računanju rabi se funkcija područja, složena mjera koja se izvodi iz midsagitalne udaljenosti. Yehia (1997: 6) ju definira na sljedeći način: „područje poprečnoga presjeka uzduž vokalnoga trakta (funkcija područja) je geometrijsko svojstvo oblika vokalnoga trakta koje određuje frekvencije formanata”<sup>3</sup>. Indeks se pivotiranja dobije tako da se standardne devijacije funkcije područja na dvama mjestima suženja uprosječe, podijele sa standardnom devijacijom funkcije područja između njih (što bi odgovaralo području točke pivota) i taj se broj oduzme od jedinice. Autori navode kako je indeks pivotiranja veći što je promjena u funkciji područja oko točke pivota manja.

Kim i sur. (2019) proveli su istraživanje na govornicima mandarinskoga kineskoga, korejskoga i japanskoga jezika (po jedan govornik i govornica za svaki jezik). Tražili su globalne pokrete jezika u diftonzima (kineski jezik), sljedovima vokala sa slogovnom granicom (korejski jezik) te sljedovima vokala s mora-granicom (japanski jezik). Oni su pivot definirali na sljedeći način: „Obrazac pivota podrazumijeva da se jezična gesta na prijeklopu dvaju segmenata maksimalno pomiče na dvama mjestima suženja, a minimalno između njih.”<sup>4</sup> (Kim i sur., 2019: 2159) Kako su istraživanje proveli pomoću ultrazvučnih snimki, napomenuli su da bi za promatranje promjene funkcije midsagitalne udaljenosti trebalo imati pregled i mekih (jezik) i tvrdih (nepce, faringalni zid) struktura vokalnoga trakta, a iako ultrazvučne snimke pružaju dobar pregled linije jezika, ne pružaju dobar pregled tvrdih struktura, zbog čega su morali osmisliti drukčiju metodu kvantifikacije pivota (usp. Kim i sur., 2019: 2159). U svakome prozoru analize na ultrazvučnim sličicama odredili su tri točke: točku sidrišta (engl. *anchor point*), što je točka s najmanjom prosječnom udaljenošću od svih točaka iz drugih sličica i odgovara Iskarousovoj točki pivota, pretekstualni maksimalni pomak jezika (C1) te postkontekstualni maksimalni pomak jezika (C2). C1 podrazumijeva maksimalni pomak jezika neposredno ispred točke sidrišta u vokalnome traktu, a C2 maksimalni pomak jezika neposredno iza točke sidrišta u vokalnome traktu. Snagu pivota dobili su izračunavši

---

<sup>3</sup> Prev. autorica rada.

<sup>4</sup> Prev. autorica rada.



aritmetičku sredinu C1 i C2. Trajanje pivota računali su kao broj sličica u pivotu podijeljen s ukupnim brojem sličica u ciljanome diftongu/slijedu i pomnožen sa 100. Kriteriji za određivanje pivota bili su sljedeći: pivotom se smatra pomak jezika kod kojega su i C1 i C2 veći od praga  $k$ , a apsolutna je razlika između C1 i C2 manja od praga  $k$ . Prag  $k$  iznosi 10% maksimalnoga pomaka jezika. Kako su C1 i C2 lokalni maksimalni pomaci jezika oko točke sidrišta, znači da je prag  $k$  drukčiji za svaki pojedini prozor analize, na što upućuju i grafički prikazi (usp. Kim i sur., 2019: 2161). Rezultati su pokazali da pivoti u kineskome i korejskome jeziku imaju podjednaku snagu iako pivoti u korejskom traju kraće. Pivoti su u japanskome jeziku slabiji i traju duže od pivota u kineskom i korejskom. Ono što je zanimljivo jest da ako pogledamo tablice snage i trajanja prema vokalima i prema ispitanicima, ne može se uočiti jasan odnos među njima, tj. ponekad veću snagu prati duže trajanje, ali ponekad je obratno.

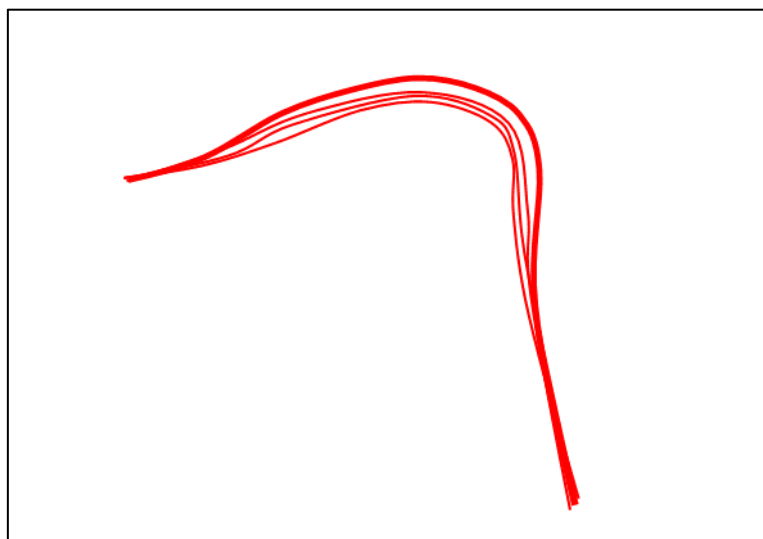
Trebalo bi na kraju istaknuti da se pivote pronašlo i govoru atipičnih ispitanika. Kocjančič (2010) je pomoću ultrazvučnih snimki usporedila pokrete jezika među trima skupinama – tinejdžerima s dječjom apraksijom govora, djecom s urednim govornim razvojem i kontrolnom skupinom odraslih (s trima ispitanicima po skupini). Pivote i lukove (v. sljedeće potpoglavlje) pronašla je u svim trima skupinama (usp. Kocjančič, 2010: 112), no potrebno je naglasiti kako je sve artikulacijske prijelaze nastojala opisati samo pomoću tih dvaju obrazaca (ili njihove kombinacije).

#### 2.4. Luk<sup>5</sup> (*Arch*)

Luk podrazumijeva vertikalno izdizanje jezika samo u jednome dijelu vokalnoga trakta, pri čemu se promjena u funkciji midsagitalne udaljenosti prema susjednim područjima smanjuje dok ne dođe do nule ili gotovo do nule. Iskarous (2005: 373) podrazumijeva da se luk može formirati i na prednjemu dijelu jezika uključujući i aktivnost vrha, što znači da se unatoč imenu luk ne mora nalaziti na središnjemu dijelu jezika i ne moraju ga okruživati dva područja minimalne promjene. Na istome mjestu spominje kako je u nekim prijelazima prisutan i obrnuti pokret – vertikalno spuštanje jezika na jednoj lokaciji u vokalnome traktu (engl. *de-arching*) – no njega ne svrstava u globalne pokrete jezika. Slika 2. prikazuje ilustraciju luka napravljenu prema Iskarousovu primjeru iz slijeda [ao] (v. Iskarous, 2005: 373). Nije se prikazao primjer luka iz ovoga istraživanja jer kriteriji za identifikaciju lukova nisu pobliže određeni.

---

<sup>5</sup> Prev. autorica rada. Glagolsku imenicu *arching* teže je prevesti, pa sam je izbjegavala.



Slika 2. Ilustracija luka u slijedu [ao] prema Iskarousovu primjeru (2005: 373). Prednji dio jezika nalazi se na lijevoj, a stražnji na desnoj strani slike. Podebljana linija predstavlja završnu poziciju jezika.

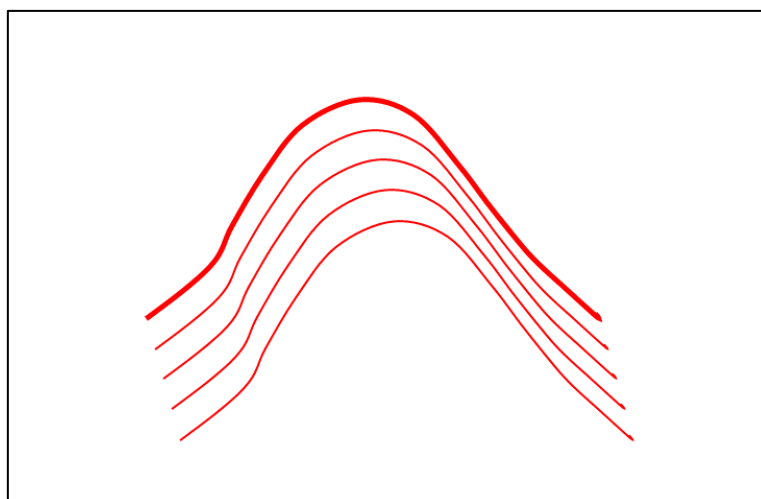
Pokazalo se da se pivoti češće pojavljuju u slučajevima kada su mjesta suženja na udaljenijim dijelovima vokalnoga trakta (naprimjer kada nakon faringalnoga glasa slijedi palatal), a lukovi kada su ta područja jedno do drugoga (naprimjer kada nakon velarnoga glasa slijedi palatal). Iskarous (2005: 375) je napomenuo kako pri odabiru prijelaza za analizu nije uzimao u obzir prozodijski kontekst i položaj u riječi, već vidljivost na snimci, pa su prozodijski utjecaji na pivotne i lukove nepoznati. Od 600 prijelaza koje je analizirao 86 ih nije sadržavalo ni pivot ni luk, a pokazalo se da iznimke ne ovise ni o jeziku ni o ispitaniku ni o tome radi li se o početku ili kraju artikulacijskoga prijelaza. Da bi provjerio razlikuju li se međusobno pivoti, lukovi i iznimke, izračunao je omjer maksimalne i minimalne promjene funkcije midsagitalne udaljenosti za svaki artikulacijski prijelaz. Kod pivota je prosjek dviju maksimalnih promjena stavio u odnos s minimalnom promjenom, iz čega se u kasnijim radovima razvio indeks pivotiranja. Iako promjena funkcije midsagitalne udaljenosti u točkama pivota često ne iznosi nula, omjer maksimalne i minimalne promjene puno je veći u pivotima i lukovima nego u iznimkama (usp. Iskarous, 2005: 374).

Kim i sur. (2019) u svome su istraživanju analizirali i lukove. Lukom smatraju pokret jezika kod kojega je ili pretkontekstualni (C1) ili postkontekstualni (C2) maksimalni pomak jezika veći od praga  $k$ , a njihova je apsolutna razlika također veća od  $k$ . Najviše lukova pronašli

su u kineskome diftongu [ei]<sup>6</sup> i u korejskome slijedu [a.u], što je očekivano jer su mjesta tvorbe njihovih sastavnica relativno blizu (usp. Kim i sur., 2019: 2162).

### 2.5. Prijenos<sup>7</sup> (Shift)

Kim i sur. (2019) pronašli su jedan globalni pokret jezika koji nisu mogli kategorizirati ni kao pivot ni kao luk. Radi se o vertikalnome pomaku cijele linije jezika koji su nazvali prijenosom. Na Slici 3. nalazi se ilustracija prijenosa napravljena prema primjeru iz kineskoga diftonga [ei] (v. Kim i sur., 2019: 2162). Nije se prikazao primjer prijenosa iz ovoga istraživanja jer kriteriji za identifikaciju prijenosa nisu pobliže određeni.



Slika 3. Ilustracija prijenosa u kineskome diftongu [ei] prema Kim i sur. (2019: 2162). Prednji dio jezika nalazi se na lijevoj, a stražnji na desnoj strani slike. Podebljana linija predstavlja završnu poziciju jezika.

Prijenosi su činili čak 20% rezultata njihova istraživanja, a pojavljivali su se u sljedovima *ei*<sup>8</sup> i *au* (osim jednoga u slijedu *ai*). Pronađeni su u svih ispitanika, ali postoje individualne razlike u njihovoj uporabi. Naprimjer govornik je mandarinskoga kineskoga rabio prijenos za diftonge [ei] i [au] dok je govornica mandarinskoga kineskoga rabila luk za [ei], a prijenos za [au]. Važno je da je prijenos bio zamjenjiv i s pivotom: japanski se govornik

<sup>6</sup> Simboli kojima se bilježe diftonzi i vokalski sljedovi te slogovne i mora-granice preuzeti su iz članka, međutim u radu su se rabile uglate zagrade jer se raspravlja o fonovima/glasovima, a ne o fonemima.

<sup>7</sup> Prev. autorica rada. „Prijenos” možda nije direktan prijevod riječi „*shift*”, ali je odabran jer ukazuje na to da se linija jezika u cijelosti „prenosi” s jednoga mjesta na drugo (za razliku od npr. „pomak”).

<sup>8</sup> Kad se pak radi o kategoriji nadređenoj diftonzima ili vokalskim sljedovima koja je apstrahirana iz više jezika, u radu se rabio kurziv, naprimjer kineski diftong [au] i japanski slijed [a-u] pod poopćenom su kategorijom *au*.

uglavnom koristio pivotiranjem za slijed [a-u], za koji se japanska govornica koristila prijenosom. Međutim, kako ističu autori, problem je što se na ultrazvučnim snimkama ne vide sam vrh i korijen jezika, pa je moguće da postoje točke sidrišta koje nisu vidljive na snimkama. Također je moguće da na prijenos utječu pokreti donje čeljusti, tj. da nije riječ samo o kretanju jezika (usp. Kim i sur., 2019: 2162).

## *2.6. Teorijska i biomehanička podloga pivotiranja*

Upozoravajući na činjenicu da su mjesta maksimalne promjene u funkciji midsagitalne udaljenosti u pivotima i lukovima upravo mjesta na kojima jezik ima lingvistički zadatak, Iskarous (2005: 376) zaključuje da su statički opisi glasova, tj. opisi prema mjestu i stupnju suženja, u neku ruku ograničavajući jer mogu implicirati da su samo ciljani, za glasove karakteristični položaji jezika pod lingvističkom kontrolom, a sve što se događa između tih pozicija podvrgnuto je samo biomehanici. Njegovi rezultati pak upućuju na to da su i pokreti jezika kojima se izmjenjuju artikulacijske mete lingvistički kontrolirani jer od svih mogućih načina da se mete postignu prevladavaju dva opisno vrlo jednostavna (pivot i luk), što znači da ih je jednostavno opisati i u području za motoričku kontrolu u moždanoj kori. Tako se u novijim radovima propituje granica između fonologije i fonetike. „Jezik ostaje prisutan i u samim detaljima artikulacijskoga procesa i tako pridaje lingvistički status biomehanici artikulatora.”<sup>9</sup> (Iskarous, 2005: 377)

Pivote se prema tome lako može uklopiti u okvir već spomenute artikulacijske fonologije. Artikulacijska fonologija pretpostavlja postojanje artikulacijskih gesta kao temeljnih jedinica govorne proizvodnje koje su diskretne, imaju fiksno trajanje i u govoru se preklapaju jedne preko drugih. Iskarous (2005: 377) smatra da bi se pivotiranje lako moglo promatrati kao prijeklop dviju artikulacijskih gesta s točkom pivota kao oznakom diskretnosti. Ona ne predstavlja razdjelnicu na razini artikulatora, jer se svi dijelovi jezika kreću, već funkcionira na razini gesta. Istom teorijom objašnjava se i razlika između pivota i luka. Tijekom pivotiranja otpuštanje se suženja jednoga lingvističkoga segmenta vremenski preklapa s formiranjem suženja drugoga lingvističkoga segmenta jer se dvije artikulacijske geste kojima je za različite ciljeve potreban isti artikulator nalaze u sukobu. Pri formiranju luka oba se suženja nalaze u istim ili susjednim područjima vokalnoga trakta tako da se radi i o vremenskome i o prostornome preklapanju dviju gesta. Pivotiranje bi se moglo objasniti i

---

<sup>9</sup> Prev. autorica rada.

modelima faktorske analize i teorijom DRM (engl. *Discrete Regions and Modes Theory*) (v. Iskarous, 2005: 377). U teoriji DRM vokalni je trakt podijeljen na nekoliko diskretnih područja, a promjene u funkciji područja postižu se izmjenama suženja na jeziku. Pivot bi bio transverzalna izmjena suženja pri kojoj se istodobno jedan dio jezika reducira, a drugi proširuje. Iskarous (2005: 377) ističe kako nabrojene teorije nisu konkurentne, već svaka prilazi problemu proizvodnje govora iz vlastitoga kuta.

Iskarous (2005: 378–379) se nadalje bavi pitanjem biomehaničke podloge pivota razmotrivši potencijalne utjecaje donje čeljusti, hidrostatičke strukture jezika i geometrije sila koje generiraju mišići jezika. Naglašava kako to nije protuslovno njegovoj ranijoj tvrdnji o lingvističkoj kontroli pivota, tj. da je to protuslovno samo ako se jezična i biomehanička razina promatraju strogo odijeljeno. S obzirom na to da se donja čeljust može podizati i spuštati, moglo bi se pretpostaviti da je važna za pivotiranje, no jedini su pivoti koje bi mogla proizvesti uvularni jer se u tome području nalazi točka pivota iz koje se donja čeljust otvara i zatvara. S druge strane jezik ima hidrostatička svojstva, što znači da se može kretati bez potpore tvrdih struktura oslanjajući se isključivo na mišićnu aktivnost. Horga i Liker (2016: 231) govoreći o jeziku u istome smislu kažu da nalikuje „hidromorfnom” tijelu. Kontrakcija u jednome dijelu jezika dovodi do ekspanzije u drugome, što se događa u pivotu (v. Stone i Lundberg, 1994: 50). To bi zaista mogao biti princip na kojemu pivoti funkcioniraju, ali problem je u tome što rendgenske snimke prikazuju ravninu, a ne trodimenzionalni prostor, pa se na njima ne može vidjeti širenje i skupljanje volumena jezika. Konačno, smjerovi u kojima se kontrakcijom mišića jezika generiraju sile važni su za to koji će se dijelovi jezika micati paralelno sa strukturama koje omeđuju vokalni trakt, a koji okomito na njih. Simulacijska istraživanja toga tipa postigla su pivotiranje (Perrier, Loevenbruck i Payan, 1996, prema Iskarous 2005: 379), ali Iskarous navodi kako nije siguran je li to zaista zbog utjecaja samih sila ili zbog načina na koji je simulacija napravljena.

## 2.7. Akustičke i percepcijske posljedice pivotiranja

Iskarousova (2005) je prvotna teza bila da globalni pokreti jezika kao što su pivot i luk osiguravaju maksimalnu transparentnost akustičkoga signala jer omogućuju da se promjene u funkciji midsagitalne udaljenosti događaju točno na mjestima koja su bitna za percepciju lingvističkih segmenata. To znači da se zahvaljujući globalnim pokretima u akustički signal pohranjuju samo perceptivno relevantne artikulacijske informacije. Osim toga istraživanja su

pokazala da su slušači osobito osjetljivi upravo na dinamički dio akustičkoga signala (Iskarous, 2005: 380).

Iskarous i sur. (2010) istraživali su utjecaj putanje kretanja leđa jezika u artikulacijskim sljedovima sastavljenima od dva vokala (slijed VV) na percepciju. Koristeći se artikulacijskim sintetizatorom *CASY*, generirali su 13 fiziološki mogućih putanja kretanja leđa jezika na prijelazu iz [a] u [i], a potom su iz dobivenih segmenata generirali i akustičke slike i zvučne zapise. Ispitanici su zvučne zapise trebali razlučiti jedne od drugih, a potom ocijeniti njihovu prirodnost. Glavno je istraživačko pitanje bilo je li pivotiranje, koje se pokazalo tipičnim artikulacijskim prijelazom (Iskarous, 2005), relevantno za percepciju. Kako bi se generirao pivot, putanja kretanja središnje točke leđa jezika od mjesta suženja za [a] do mjesta suženja za [i] mora biti linearna. Osim linearne putanje autori su generirali i 7 konveksnih i 5 konkavnih putanja. U konveksnim putanjama jezik se pomiče prema gore pa prema naprijed tako da se kreće paralelno s fiksnim strukturama vokalnoga trakta, a u konkavnim putanjama jezik se pomiče prema naprijed pa prema gore tako da se na lingvistički relevantnim lokacijama kreće okomito na fiksne strukture. Kod konkavnih i linearne putanje promjena je u mjestu suženja diskretna, a kod konveksnih putanja promjena je u mjestu suženja kontinuirana. Posljedica je toga da su kod dviju najviše konveksnih putanja ispitanici čuli trovokalski slijed, pa su one isključene iz istraživanja. Osim diskretnosti mjesta suženja artikulacijske varijable čiji se utjecaj na percepciju razmatrao bile su gore spomenuti indeks pivotiranja, zakrivljenost putanje kretanja leđa jezika te sinkronizacija stupnja suženja, tj. počinje li se stupanj suženja karakterističan za [i] formirati u isto vrijeme kad se počinje otpuštati stupanj suženja karakterističan za [a] ili početak formacije suženja za [i] kasni. Iako bi se očekivalo da sinkronizacija bude najveća kod pivotiranja, tj. kod linearnih putanja, sinkronizacija je najveća kod konkavnih putanja i prema konveksnima lagano opada. Naravno, treba uzeti u obzir da su to sintetizirani slučajevi. Akustičke varijable čiji se utjecaj na percepciju razmatrao bile su zakrivljenost krivulje odnosa između F1 i F2, maksimalna brzina F2 i vrijeme postizanja maksimalne brzine F2. Rezultati perceptivnoga testa pokazali su sljedeće: ispitanici međusobno slabo razlikuju zvučne zapise nastale od artikulacija generiranih konkavnim i linearnim putanjama kretanja leđa jezika, a bolje međusobno razlikuju zvučne zapise nastale od artikulacija generiranih konveksnim putanjama. Produkti konkavnih i linearnih putanja ujedno se smatraju i prirodnijima, ali konkavne putanje daju bolje rezultate. Nadalje pronađena je visoka korelacija između rezultata perceptivnoga testa, artikulacijske varijable diskretnosti i akustičke varijable maksimalne brzine F2. Diskretnost mjesta suženja i njezin (mogući)

akustički korelat maksimalne brzine F2 ukazuju na to da, iako se većina artikulacijskih i akustičkih parametara mijenja kontinuirano, postoje oni koji se mijenjaju diskretno i koji „bi mogli služiti za fragmentaciju govornoga signala u diskretne jedinice koje se preklapaju”<sup>10</sup> (Iskarous i sur., 2010: 3727) idući tako u prilog koprodukcijskoj teoriji koartikulacije. Sve to upućuje na to da pivotiranje jest poželjno za percepciju, ali budući da su produkti konkavnih putanja procijenjeni još prirodnijima, čini se da je diskretnost mjesta suženja ključna – bitno je da se jezik na mjestima suženja kreće okomito na fiksne strukture, a između se može kretati paralelno s njima ili se udaljavati od njih.

Nam i sur. (2013) proveli su slično istraživanje ispitujući perceptivnu relevantnost petlje unaprijed (engl. *forward tongue loop*), obrasca kretanja jezika koji se nalazi u VKV-sljedovima koji sadrže stražnje ili središnje vokale i velarne okluzive, a potvrđen je u različitim jezicima (v. Nam i sur., 2013: 3809). Sintetizirali su slijed [aga] na sedam različitih načina: s trima verzijama petlje unaprijed, s jednom linearnom petljom te s trima verzijama petlje unatrag. U petlji unaprijed jezik se kreće gore naprijed pa dolje nazad, a u petlji unatrag dolje naprijed pa gore nazad. Potom su iz dobivenih segmenata generirali i akustičke slike i zvučne zapise. Ispitanici su zvučne zapise trebali razlučiti jedne od drugih, a potom ocijeniti njihovu prihvatljivost (engl. *goodness*). Ono što se, između ostaloga, pokazalo istraživanjem jest da petlje unaprijed, koje su ocijenjene kao prihvatljivije od petlji unazad, sadrže pivote na KV-prijelazima, ali ne na VK-prijelazima, a kod petlji unatrag je obratno. Oni prijelazi koji sadrže pivote pokazali su se akustički distinktivnijima, što u okvirima navedenoga istraživanja znači da vokalski tranzijenti duže traju i da je početak F2 viši, tj. da su tranzijenti naglašeni, jasno vidljivi. Drugim riječima, čini se da je koartikulacijski utjecaj [g] na [a] velik. Autori su potom testirali jesu li KV-prijelazi relevantniji za percepciju od VK-prijelaza, tj. pridonose li više pri procjeni prihvatljivosti, manipulirajući akustičkim parametrima trajanja tranzijenta, nagiba tranzijenta i udaljenosti F1 i F2. Hipoteza da će veća vrijednost triju parametara u KV-prijelazima, a manja u VK-prijelazima povećati ocjenu prihvatljivosti potvrđena je. Obratno je također točno: veća vrijednost triju parametara u VK-prijelazima, a manja u KV-prijelazima smanjuje ocjenu prihvatljivosti. Nam i sur. (2013: 3815–3816) ističu da su i u stvarnoj govornoj produkciji KV-prijelazi potvrđeno akustički zalihosni. Njihova perceptivna relevantnost možda upućuje na asimetriju u ljudskome perceptivnome mehanizmu ili bi perceptivna dominantnost VK-sljedova mogla previše naglasiti vokalski zvuk. Moglo bi se raditi i o utjecaju slogovnih granica, što autori nisu spomenuli. Za ovaj je rad važno da su u akustički distinktivnijim

---

<sup>10</sup> Prev. autorica rada.

prijelazima prisutni pivoti. Oba navedena istraživanja potvrdila su da je način postizanja artikulacijskih meta važan za percepciju.

## 2.8. Specifičnosti istraživanja atipičnoga govora

Prije razlaganja cilja rada i hipoteza treba nešto reći o vrijednosti i izazovima istraživanja koartikulacije u atipičnome govoru, pri čemu se ovaj rad oslanja na poglavlje *Coarticulation and Speech Impairment* (Hardcastle i Tjaden, 2008) iz *The Handbook of Clinical Linguistics*. Atipične su ispitanike autori kategorizirali u tri skupine: ispitanike s oštećenim sluhom, ispitanike s afazijom te ispitanike s govornim poremećajima motoričke kontrole. Za ovaj rad bit će relevantna prva skupina.

Istraživanja atipičnoga govora provode se iz dvaju razloga: radi boljšega razumijevanja samih poremećaja, tj. kako bi se poboljšale dijagnostika i terapija, te kako bi se boljšim razumijevanjem atipičnih govornih procesa došlo do boljšega razumijevanja tipičnih govornih procesa. Hardcastle i Tjaden (2008: 510) naprimjer spominju kako su istraživanja na ispitanicima s postlingvalnom gluhoćom ukazala na važnost slušanja za razvoj normalnih senzomotoričkih govornih procesa. Zanimljivo je da koprodukcijaska teorija koartikulacije u atipičnih ispitanika s poremećajima motoričke kontrole nailazi, kako kažu autori, samo na skromne potvrde.

Kada govorimo o metodološkim poteškoćama pri istraživanjima na atipičnim ispitanicima, teško je pronaći ispitanike koji savršeno odgovaraju eksperimentalnomu dizajnu, posebno u istraživanjima koja sadrže kontrolnu i eksperimentalnu skupinu jer članovi skupina moraju biti što je moguće više homogeni. Naprimjer ako se želi istražiti govor osoba sa slušnim oštećenjem tako da ga se usporedi s govorom osoba zdravoga sluha, bilo bi dobro da osobe oštećenoga sluha imaju sličan stupanj oštećenja i slično vrijeme gubitka sluha jer oboje utječu na govor (usp. Hardcastle i Tjaden, 2008: 512). Taj je problem pogotovo izazovan kada se radi o rijetkim poremećajima ili poremećajima koji se rijetko pojavljuju u čistome obliku. Drugi je problem mjerenje govorne produkcije ispitanika s atipičnim govornim procesima. Hardcastle i Tjaden (2008: 513) navode primjer apraksije govora: ako se pri analizi govornoga materijala uzmu u obzir samo slučajevi kada su ispitanici izgovorili točno ono što im je bilo zadano, to će olakšati kvantifikaciju podataka, ali uključivanje pogrešaka moglo bi donijeti vrijedne spoznaje. Nadalje postoji i problem uporabe akustičke analize kao metodološkoga oruđa. Alati kojima se provodi akustička analiza lako su dostupni, postupak snimanja nije invazivan, njezina



je primjena u proučavanju koartikulacije dobro opisana u literaturi. S druge strane posebnosti atipičnoga govora mogu otežati akustičku analizu učinivši mjere koje se normalno koriste pri akustičkoj analizi tipičnoga govora nepouzdanima. Akustička analiza također ne može pružiti precizne informacije o početku, brzini i amplitudi pokreta pojedinih artikulatora (usp. Hardcastle i Tjaden, 2008: 508). Fiziološke instrumentalne metode nemaju te nedostatke, ali dolaze s vlastitim izazovima i ograničenjima (usp. Horga i Liker, 2016: 333–351). Naposljetku autori spominju i utjecaj tempa artikulacije i amplitude artikulacijskih pokreta na istraživanja koartikulacije: čini se da sporiji tempo smanjuje koartikulacijske utjecaje, a reduciran zamah može dati privid reduciranih koartikulacijskih procesa (usp. Hardcastle i Tjaden, 2008: 514). Zanimljivo je da se ovo prvo podudara s Lindblomovom teorijom adaptivne varijabilnosti, a ovo drugo ne podudara – redukcijom zamaha ne postižu se artikulacijske mete, pa bi se artikulacijski utjecaji prema Lindblomu trebali pojačati.

Kao što je već spomenuto, za ovaj rad značajne su informacije o istraživanju koartikulacije na ispitanicima sa slušnim oštećenjima. Hardcastle i Tjaden (2008: 514) ističu kako je većina takvih istraživanja provedena na osobama s prelingvalnom gluhoćom i upućuje na reducirane koartikulacijske efekte. Okalidou i Harris (1999) na temelju ponašanja drugoga formanta usporedile su koartikulaciju triju prelingvalno gluhih osoba i triju osoba uredna sluha u sljedovima tipa [ə] – konsonant – vokal – konsonant ([ə]+KVK-sljedovima). Pokazalo se da je anticipacijskoartikulacijski utjecaj vokala na [ə] kod prelingvalno gluhih ispitanika reduciran ako je vokal okružen glasovima [b], ali ne i ako je okružen glasovima [d]. Dapače, utjecaj vokala okruženih glasom [d] na [ə] kod njih je jači nego kod tipičnih ispitanika (v. Okalidou i Harris, 1999: 403). U prelingvalno gluhih ispitanika potvrđeni su i reducirani koartikulacijski utjecaji konsonanata na [ə] i interkonsonantski vokal. Autorice su zaključile da osobe s prelingvalnom gluhoćom imaju drukčiju organizaciju artikulacijskih gesta od zdravih osoba: čini se da artikulacijski pokreti duže traju i manje su precizni jer dijelovi jezika nisu strogo funkcionalno podijeljeni u podsustave organizirane za izvođenje određenih gesta (v. Okalidou i Harris, 1999: 408). To više utječe na produkciju konsonanata nego vokala jer je fine, precizne pokrete teže izvesti, posebno kada je potrebna koordinacija dijelova jezika zbog koprodukcije, tj. preklapanja. U slučaju njihovih ispitanika realizacije su konsonanata dakle manje precizne od realizacija vokala. No istraživanje Okalidou i Harris (1999) važno je i zbog kritika prethodnih istraživanja koartikulacije u govoru gluhih: znanstvenici nisu uzimali u obzir utjecaj tempa govora i utjecaj suženoga vokalskoga prostora gluhih osoba na koartikulaciju te nisu istraživali šire koartikulacijske utjecaje (izvan slogovne granice). Pokazalo se da brz tempo

uglavnom pojačava koartikulacijske efekte, a gluhi govornici imaju u prosjeku sporiji tempo govora (v. Okalidou i Harris, 1999: 395). Spominje se i jedan interpretativni problem – reducirani vokalski tranzijenti u KV-slogovima mogu značiti da vokal ima veliki koartikulacijski utjecaj na konsonant, pa je prema tome stupanj koartikulacije visok, a ne nizak. Okalidou i Harris te su probleme pokušale riješiti istražujući širenje koartikulacijskih utjecaja izvan granice sloga te uspoređujući govornu produkciju ispitanika uredna sluha s normalnim tempom govora i govornu produkciju prelingvalno gluhih ispitanika s normalnim i brzim tempom govora. Brz tempo kod gluhih ispitanika pokazao se sličnim normalnomu tempu kod zdravih ispitanika. Naposljetku su napomenule da je varijabilnost među govornim produkcijama gluhih ispitanika velika tako da su razmatrale svaki slučaj zasebno i potom donosile zaključke (v. Okalidou i Harris, 1999: 396).

Hardcastle i Tjaden (2008) spominju i istraživanje percepcije koartikulacijskih informacija iz govora djece s prelingvalnim oštećenjem sluha (ne gluhoćom) koje su proveli Waldstein i Baum (1994). Ispitanici su iz KV-sljedova i VK-sljedova koje su producirala zdrava djeca i djeca s prelingvalnim oštećenjem sluha slušali samo šumne dijelove konsonanata i morali prepoznati o kojemu se susjednome vokalu radi. Pokazalo se da je prepoznavanje bolje kada se radi o govoru zdrave djece, što znači da je koartikulacijski utjecaj vokala na konsonante slabiji u govoru gluhe djece. To ide u prilog hipotezi da djeca s prelingvalnim oštećenjem sluha imaju reduciranu koartikulaciju i moglo bi objasniti slabiju razabirljivost njihova govora, ali Hardcastle i Tjaden (2008: 515) napominju kako je potrebno provesti dodatna istraživanja u tome smjeru. Istraživanja koartikulacije na postlingvalno gluhim osobama pokazala su da razina sposobnosti sluha nema utjecaja na koartikulacijske procese, barem ne na one mjerene akustički, odnosno da sposobnost sluha nije presudna za funkcioniranje koartikulacije kod ispitanika koji su već usvojili jezik (v. Hardcastle i Tjaden, 2008: 515).

### **3. Cilj i hipoteze**

Pitanja kojima se bavi ovaj rad proizašla su iz projekta Koartikulacija u hrvatskom govoru: instrumentalno istraživanje (KROKO) (v. Liker i sur., 2019). Projekt KROKO pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Marka Likera proveden je od 2017. do 2021. godine na Filozofskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a financirala ga je Hrvatska zaklada za znanost (HRZZ). Cilj je projekta bio istražiti koartikulaciju u govoru tipičnih i atipičnih govornika hrvatskoga jezika. To je bilo prvo istraživanje koartikulacije na atipičnima govornicima hrvatskoga jezika,

posebno i po uporabi više instrumentalnih tehnika analize (ultrazvuk, elektropalatografija) te po tome što je govorni materijal na kojemu su se provodile analize kvazispontani govor. Između ostaloga, u sklopu se projekta proučavalo i pivotiranje jezika.

Cilj je ovoga rada istražiti fenomen pivotiranja u govoru prelingvalno gluhih govornika hrvatskoga jezika s ugrađenom umjetnom pužnicom. Proučavanje pivotiranja u govoru atipičnih ispitanika moglo bi donijeti nove spoznaje o koartikulaciji (i u atipičnome govoru i u tipičnome govoru), a s obzirom na to da je govor atipičnih govornika s prelingvalnom gluhoćom manje razabirljiv od govora tipičnih govornika, moglo bi pokazati ovisi li razabirljivost govora o pivotiranju te tako potencijalno poboljšati govornu terapiju. U ovome radu nije pak napravljena direktna procjena razabirljivosti govora ispitanika, pa će se pivotiranje staviti u odnos s kliničkom slikom ispitanika. Povezanost između razabirljivosti govora i dobi implantacije umjetne pužnice temelji se na činjenici da se radi o prelingvalnoj gluhoći, a za usvajanje tipične govorne produkcije ključna je sposobnost sluha u ranoj dobi. Pivote se istraživalo pomoću ultrazvučnih snimki atipičnih ispitanika snimljenih u okviru projekta KROKO. Glasovni kontekst u kojemu su se tražili pivoti vokali su [i], [a] i [u] obostrano omeđeni frikativom [ʃ]. Odabrani su vokali [i], [a] i [u] jer se nalaze na uglovima hrvatskoga vokalskoga prostora tako da bi razlike među njima mogle biti značajne, a frikativ [ʃ] odabran je kao okruženje zbog njegova velikoga koartikulacijskoga otpora. Spomenuto je da su prema Recasensovoj teoriji stupnja artikulacijske angažiranosti oni glasovi koji više angažiraju leđa jezika koartikulacijski otporniji, a postalveolari su nakon palatala glasovi koji najviše angažiraju leđa jezika. Nadalje postoje i dodatne artikulacijske karakteristike koje povećavaju koartikulacijski otpor, a jedna od njih je frikativnost. Iz toga proizlazi da bi frikativ [ʃ] trebao biti koartikulacijski prilično otporan, što istodobno znači da bi trebao vršiti značajan koartikulacijski pritisak na vokale. Ako uzmemo u obzir činjenicu da se mjesto tvorbe za [ʃ] razlikuje od mjesta tvorbe za odabrane vokale, artikulacijski bi prijelazi iz glasa [ʃ] u glasove [i], [a] i [u] te obratno mogli rezultirati pivotima, pogotovo u slučaju vokala [a] i [u] jer je [i] visoki prednji vokal i mu je mjesto artikulacije bliže [ʃ].

Glavna su istraživačka pitanja na koja će ovaj rad pokušati odgovoriti sljedeća:

1. Jesu li pivoti prisutni u govoru prelingvalno gluhih govornika hrvatskoga jezika s ugrađenom umjetnom pužnicom?
2. Hoće li broj pivotata i karakteristike pivotiranja (trajanje, snaga, preciznost točke pivotata i položaj točke pivotata) biti podjednaki kod svih prelingvalno gluhih govornika hrvatskoga jezika

s ugrađenom umjetnom pužnicom ili će se s obzirom na njihovu različitu kliničku sliku razlikovati?

3. Hoće li broj pivota i položaj točke pivota ovisiti o analiziranome vokalu?

**Trajanje pivota** odnosi se na vremenski raspon u kojemu se pivotiranje odvija unutar analiziranoga odsječka zvuka i pretpostavlja da jezik ne mijenja smjer kretanja. Kako se analiziraju vokali u KVK-sljedovima, pretpostavka je da se u svakome vokalu mogu pronaći dva pivota – svaki na prijelazu u svoj konsonant. Potrebno je napomenuti da stvarno trajanje pivotiranja zasigurno zahvaća i konsonante, ali u ovome radu analizirano je samo ponašanje jezika u vokalima. Trajanje se računalo prema formuli  $t = \text{broj sličica/frekvencija uzorkovanja}$ . Kao što će se spomenuti i u poglavlju Rezultati i rasprava, utjecaj tempa govora na trajanje pivota nije se uzeo u obzir. Pod  **snagom pivota** podrazumijeva se prosječna promjena u vertikalnome kretanju jezika koje je izraženo nizom standardnih devijacija. Prosjek standardnih devijacija dobio se računanjem centralne vrijednosti. Za razliku od mjere maksimalnoga pomaka jezika, kojom su se koristili Kim i sur. (2019) i koja uzima vrijednosti na dvjema lokacijama oko točke sidrišta (pivota), snaga pivota odnosi se na vertikalno kretanje cijele linije jezika. **Preciznost točke pivota** najmanja je promjena u vertikalnome kretanju jezika (izraženom standardnim devijacijama) koja se nalazi u području rotacije pivota, iz čega logički proizlazi da je preciznost veća što je standardna devijacija u točki pivota manja. Na ovome mjestu moglo bi se prigovoriti to što se nije računao omjer snage pivota i preciznosti točke pivota jer bi takva mjera funkcionirala slično kao Iskarousov indeks pivotiranja. Međutim preciznost je točke pivota u znatnome broju slučajeva iznosila nula, što je onemogućilo računanje omjera. Stoga se u rezultatima promatralo samo vizualne odnose snage i preciznosti, ali kako su svi pivoti određeni ručno, vizualnom inspekcijom, i zasigurno jesu pivoti, mjera snage pivota zadovoljava uvjete za primjenu u ovome istraživanju. **Položaj točke pivota** trebao bi se odnositi na mjesto točke pivota u vokalnome traktu, no ono se pomoću ultrazvučnih snimki ne može odrediti zbog nedostatka referentnih tvrdih struktura. Stoga se taj termin koristio na sljedeći način: kada se krivulje jezika iz svih ultrazvučnih sličica jednoga pivota postave jedne preko drugih, mjesto na kojemu je promjena u vertikalnome kretanju jezika najmanja jest položaj točke pivota, pri čemu se vizualnom inspekcijom moralo potvrditi da se radi o području rotacije pivota. Riječ „položaj” rabila se umjesto riječi „mjesto” jer implicira odnos prema nečemu drugome. Ono što se pomoću tako definiranoga položaja točke pivota može saznati jest je li većina na ultrazvuku vidljivoga dijela jezika (jer nije vidljiv cijeli) anteriorna ili posteriorna toj točki. Položaj točke pivota dobio se izračunavši na kojemu se postotku prosječne krivulje

jezika nalazi tako da se polazi od prednjega dijela jezika prema stražnjemu. Radi se o prosjeku krivulja jezika iz svih sličica jednoga pivota (v. potpoglavlje Analiza podataka).

Uzimajući u obzir pregledanu literaturu, postavila sam sljedeće hipoteze:

1. Pivoti su prisutni u govoru prelingvalno gluhih govornika hrvatskoga jezika s ugrađenom umjetnom pužnicom.
2. Više se pivota nalazi u vokalima [a] i [u] nego u vokalu [i].
3. Ispitanici će se razlikovati prema broju pivota i prema karakteristikama pivotiranja zbog njihove različite kliničke slike.
4. Položaj točke pivota ovisi o analiziranome vokalu.

## 4. Metoda

### 4.1. Ispitanici i govorni materijal

Govorni materijal analiziran u ovome radu te klinički podaci preuzeti su iz korpusa KROKO (v. Liker i sur., 2019). Klinički su podaci predstavljeni i u Liker i Zvonar (2021). Svi su ispitanici izvorni govornici hrvatskoga jezika, u trenutku snimanja njihov dobni raspon kretao se od 18 do 26 godina, a radi se o trima osobama ženskoga te dvjema osobama muškoga spola. Radi zaštite podataka na ispitanike će se referirati pod šiframa i1, i2, i3, i4 i i5. U Tablici 1. nalaze se podaci o dobi ispitanika u trenutku snimanja, dobi implantacije umjetne pužnice, dobi početka terapije te o govornome audiogramu prije samoga snimanja. Poredani su od ispitanika kojemu je najranije ugrađena umjetna pužnica do onoga kojemu ju ugrađena najkasnije kako bi se olakšala interpretacija rezultata. Dob početka terapije raste paralelno s dobi implantacije osim kod i4, koji je najranije počeo s terapijom.

Tablica 1. Klinički podaci o ispitanicima

Ispitanik	Dob	Dob implantacije	Dob početka terapije	Govorni audiogram neposredno prije snimanja
i1	24	2	2	prag čujnosti = 25 dB, prag maksimalne razabirljivosti od 90% = 45 dB
i2	23	4,7	3,4	prag čujnosti = 25 dB, prag maksimalne razabirljivosti od 90% = 55 dB
i3	18	5,3	5,7	prag čujnosti = 40 dB, prag maksimalne razabirljivosti od 70% = 65 dB
i4	26	6,9	0,9	prag čujnosti = 20 dB, prag maksimalne razabirljivosti od 50% = 35 dB
i5	26	7,4	6,2	prag čujnosti = 35 dB, prag maksimalne razabirljivosti od 80% = 55 dB

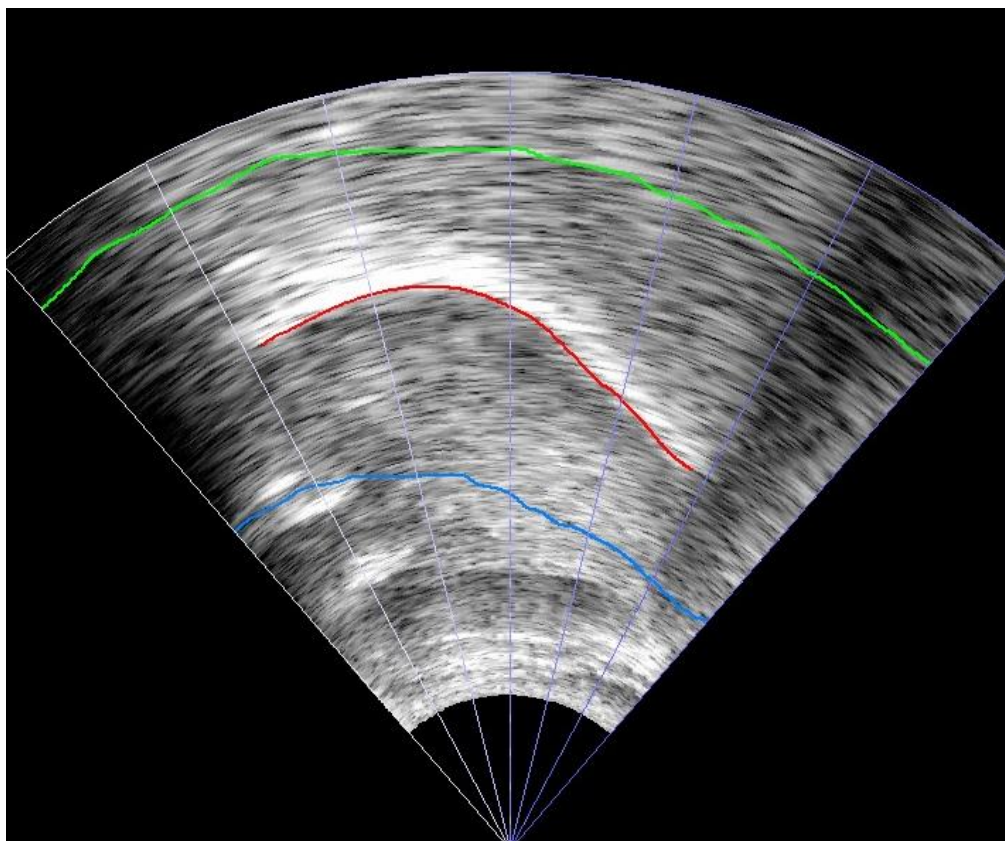
Govorni materijal na analiziranim snimkama bio je kvazispontani govor. Kvazispontani govor postignut je na sljedeći način (usp. Liker i sur., 2019: 3667): ispitanicima su prikazane karte s različitim konfiguracijama točaka kojima su pridružene ciljane riječi. Ispitivač je imao istu kartu osim što točke nisu bile označene riječima. Ispitanici su stoga morali pratiti liniju koja je povezivala točke opisujući ispitivaču koje se riječi nalaze uz koju točku na karti kako bi ih ispitivač mogao upisati. Na taj je način njihov iskaz bio vođen potrebama istraživanja, a da je svejedno zadržao neke karakteristike spontanoga govora. Riječi relevantne za ovo

istraživanje bile su „šišmiš“, „šašav“ i „šuštav“. Ispitanici su svaku riječ prilikom opisivanja morali ponoviti četiri puta, što znači da je analizirano 12 riječi svakoga ispitanika, dakle sveukupno 60 riječi.

## 4.2. Procedura

### 4.2.1. Snimanje i priprema podataka

Opis snimanja preuzet je iz Liker i sur. (2019: 3667). Snimanje je obavljeno pomoću ultrazvučnog sustava *Micro* i programa *Articulate Assistant Advanced (AAA)*. Frekvencija uzorkovanja ultrazvuka bila je 92 Hz. Ultrazvučna sonda bila je pričvršćena na bradu ispitanika pomoću kacige i postavljena tako da na snimkama svih ispitanika budu vidljive sjene hioide i donje čeljusti. *AAA* omogućuje istodobno pregledavanje akustičke dimenzije snimljenoga materijala (oscilogram i spektrogram) i ultrazvučnih snimki. Frekvencija uzorkovanja akustičkoga signala bila je 44100 Hz. Najprije se uz pomoć oscilograma i spektrograma anotiralo ciljane vokale, pri čemu je glavni kriterij za anotaciju bila pravilnost perioda i prisutnost šuma na oscilogramu. Nadalje *AAA* može automatski iscrtati krivulje jezika prema prikazu na ultrazvučnim snimkama, no potrebno ih je ručno korigirati. Preko ultrazvučnih snimki postavlja se koordinatna mreža u obliku lijevka s 42 jednako razmaknute osi. Tako postavljena mreža oponaša kretanje zraka iz ultrazvučne sonde, pa je prikladna za zahvaćanje ultrazvučnih podataka. Svaka se krivulja jezika određuje pomoću točaka u kojima siječe te 42 osi tako da program među njima iscrtava zakrivljenu liniju. Na Slici 4. vidi se iscrtana i ručno korigirana krivulja jezika na ultrazvučnoj snimci.

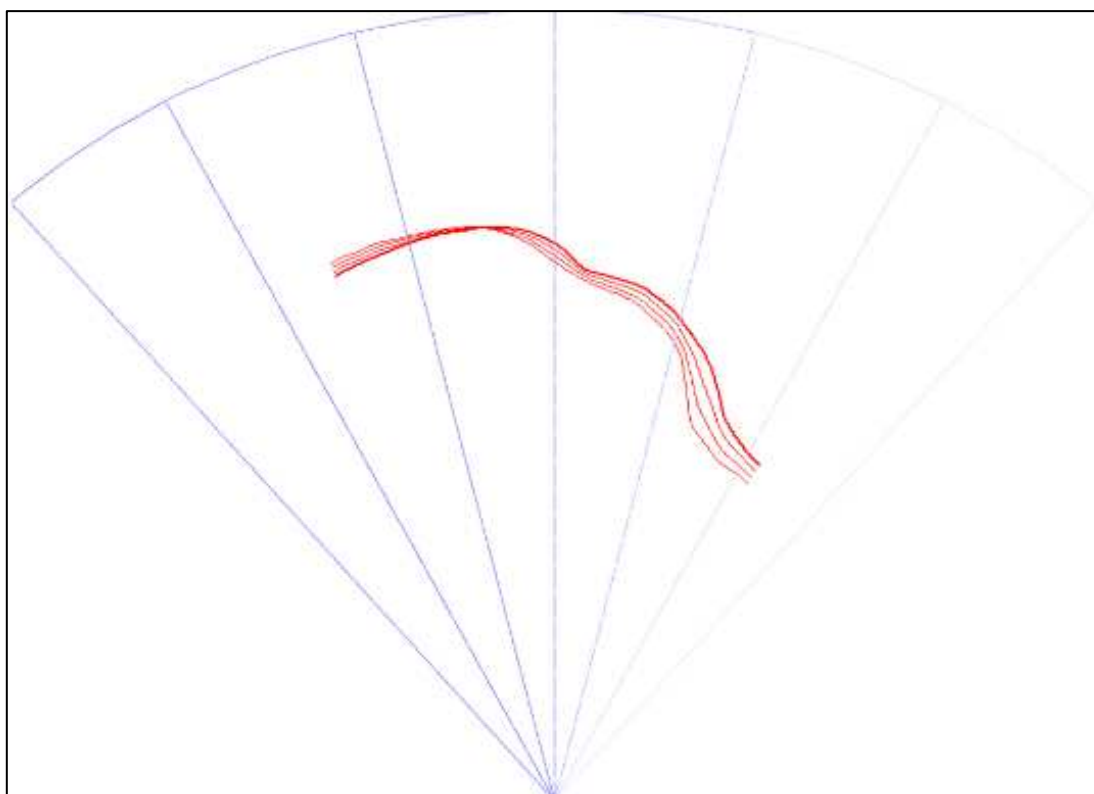


Slika 4. Iscrtana i ručno korigirana krivulja jezika na ultrazvučnoj snimci u programu *Articulate Assistant Advanced*. Prednji dio jezika nalazi se na lijevoj, a stražnji na desnoj strani slike. Osim krivulje jezika, koja je istaknuta crvenom bojom, na slici se vide i zelena krivulja koja predstavlja nepce i gornju granicu kretanja jezika te plava krivulja koja predstavlja donju granicu kretanja jezika.

#### 4.2.2. Određivanje pivota

Nakon korekcije linija jezika podaci su prebačeni u alat *Spline Workspace* gdje se različite krivulje mogu postaviti jedna preko druge, uspoređivati i uprosječiti čak i ako pripadaju različitim snimkama i ispitanicima jer se sve vrijednosti prilagođavaju istoj skali mjerenja. Ondje se u svakome analiziranome vokalu promatralo kretanje iscrtanih krivulja kroz sličice kako bi se detektirala prisutnost pivota. Slika 5. prikazuje krivulje jezika u svim sličicama jednoga pivota.





Slika 5. Primjer pivota u vokalu [u] iz ovoga istraživanja. Prednji dio jezika nalazi se na lijevoj, a stražnji na desnoj strani slike. Podebljana linija predstavlja završnu poziciju jezika u detektiranome pivotu.

Pri vizualnoj identifikaciji pivota slijedilo se nekoliko kriterija:

1. Pivotiranje se odvija kroz minimalno tri sličice (otprilike 33 ms). Vrijeme u milisekundama dobiva se pomoću frekvencije uzorkovanja prema formuli  $t = 3/92$  Hz. Na snimkama su prisutni i pokreti koji izgledaju kao pivoti, ali odvijaju se kroz samo dvije sličice, što je prekratak period da bi ih se pouzdano kategoriziralo.
2. Ako jezik na početku ili na kraju pivota miruje na dvjema ili više sličica, to nije uključeno u pivot jer nije kretanje. Zanimljivo je da se to jako često događalo na početku vokala, što je neobično jer bi se očekivalo da se jezik u tome trenutku kreće. Možda se radi o kakvoj pojavi tehničke prirode koju se nije opazilo – još jedan razlog zašto se te sličice nisu računale u pivote.
3. Ako je očito da je globalni pokret pivot, ali unutar njega dolazi do manjih kretanja u suprotnome smjeru na jednoj ili dvjema sličicama, to se pripisalo pogrešci pri iscertavanju. S obzirom na to da se radi o atipičnim ispitanicima, ne može se, ipak, odbaciti ni mogućnost da se ne radi o pogrešci, ali ta mogućnost nije utjecala na kategorizaciju podataka.

4. Postoje slučajevi u kojima se krajnji dijelovi jezika kreću kao da je pivot u pitanju, ali područje je mirovanja – područje u kojemu je vertikalno kretanje jezika vrlo malo – veće od jedne točke. U takvim slučajevima gledalo se koliki postotak prosječne krivulje jezika zauzima to područje uspoređujući promjene u standardnoj devijaciji sa slikovnim prikazom (v. sljedeće potpoglavlje). Slučajeve u kojima je područje mirovanja veće od 33% nije se uzelo u obzir. Kriteriji nisu bili stroži jer se radi o atipičnoj produkciji.

#### 4.2.3. Analiza podataka

Nakon definiranja ultrazvučnih sličica koje prikazuju pivotiranje jezika, izračunala se i grafički prikazala prosječna krivulja jezika tijekom pivotiranja, kao i standardna devijacija oko prosječne krivulje. Aritmetička sredina računala se na svakoj od 42 osi posebno – uprosječivanjem točaka u kojima odabrane krivulje sijeku svaku os – a zatim se kroz te vrijednosti iscrtavala uprosječena krivulja. Potom su se podaci za svaki pojedini pivot prebacili u *Microsoft Excel* tako da su za svaku os ispisane vrijednosti o aritmetičkoj sredini, standardnoj devijaciji i pouzdanosti (engl. *confidence*). Pouzdanost je vrijednost izražena u postocima koja predstavlja sigurnost da se iscrtana krivulja podudara sa stvarnom linijom jezika na snimci. Ovisi o svjetlini i kontrastu snimke, pa zatamnjene snimke imaju manju razinu pouzdanosti. U obzir za analizu uzeli su se samo podaci s onih osi kojima je pouzdanost bila minimalno 50%.

S obzirom na to da pojedinačne vrijednosti varijabli trajanja pivota, snage pivota, preciznosti točke pivota i položaja točke pivota ovise o tome koliko se dobro vizualno odrede pivoti, postoji nekoliko pravila koja su primijenjena u spornim slučajevima:

1. Ako je kroz nekoliko sličica prisutan velik pomak pivota, a onda kroz nekoliko sličica sasvim malen, gotovo neznan pomak, sve ih se uračunalo u trajanje pivota.
2. Ponekad je preciznost točke pivota veća na dijelu prosječne krivulje za koji se vizualnom inspekcijom utvrdi da nije točka pivota. U takvim slučajevima položaj je određen uspoređujući slikovni prikaz i podatke o kretanju standardne devijacije.
3. Ako je pivot tijekom trajanja naglo promijenio položaj točke pivota, snagu i trajanje pivota te preciznost točke pivota računalo se kao da se radi o jednome pivotu, ali položaj točke pivota mjerilo se posebno za svaki od „potpivota” (većinom su dva, u jednome slučaju tri). Položaj točke pivota za cijeli pivot tada se računalo kao aritmetičku sredinu položaja točke potpivota.

4. Ako postoje dvije jednake minimalne vrijednosti standardne devijacije koje su vrlo blizu i nije se moglo vizualnom inspekcijom odrediti koji je vjerojatniji položaj točke pivota, položaj se računalo kao da je između tih dviju vrijednosti.

Osim trajanja, snage, položaja točke i preciznosti točke bilježen je i smjer kretanja pivota u slučaju da se dogodi nešto neočekivano. Naime jezik se ispred i iza točke pivota vertikalno kreće u suprotnim smjerovima, pa je bilo zanimljivo utvrditi postoje li nepravilnosti u obrascima kretanja. Kod vokala koji imaju samo jedan pivot bilježilo se i što se događa u ostatku vokala, tj. je li prisutan koji od drugih gore opisanih globalnih pokreta jezika.

## 5. Rezultati i rasprava

### 5.1. Broj pivota

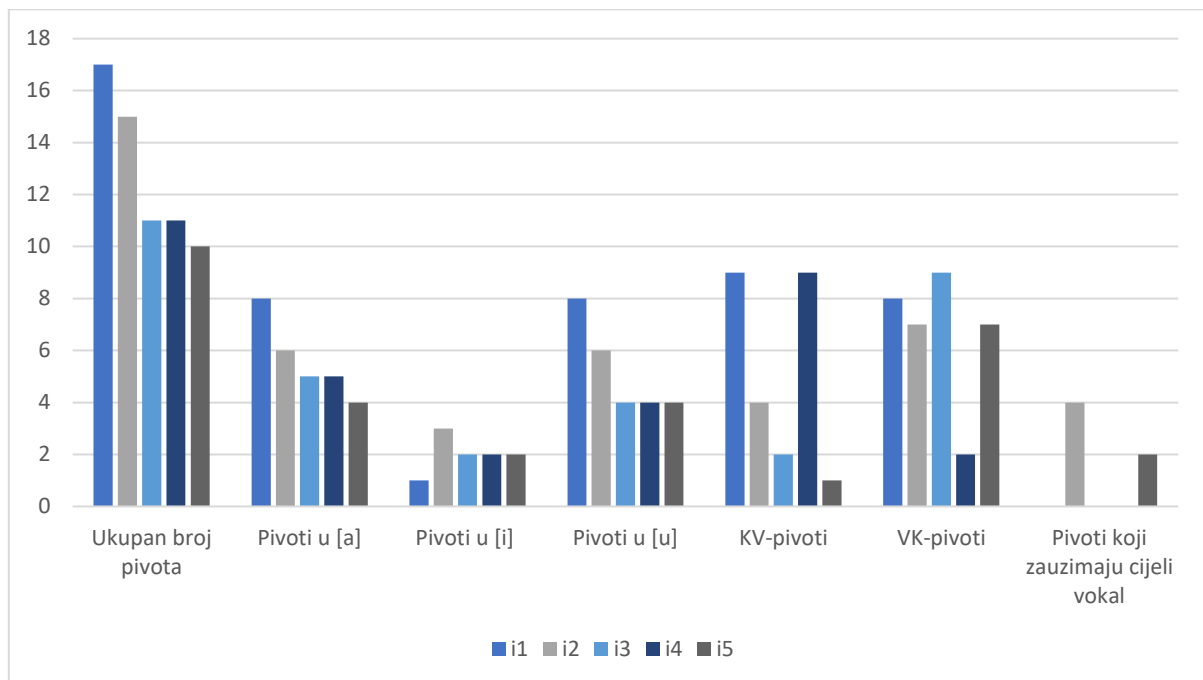
Od pretpostavljeno mogućih 120 pivota u govornome materijalu pronađeno je njih 64, čime je hipoteza da su pivoti prisutni u govoru prelingvalno gluhih govornika hrvatskoga jezika s ugrađenom umjetnom pužnicom potvrđena. Podaci o broju pivota prema vokalima i položaju unutar vokala neovisno o ispitanicima prikazani su u Tablici 2. Vokal [i] sadrži više nego dvostruko manje pivota od vokala [a] i [u], čime je druga hipoteza potvrđena i  $\chi^2$ -test pokazuje da je statistički značajna ( $\chi^2 = 9.126$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0.05$ ). Više se pivota nalazilo na prijelazu iz vokala u konsonant nego na prijelazu iz konsonanta u vokal, a pronađeno je i šest pivota koji su trajali kroz cijeli vokal. Zanimljivo je o tome razmišljati u kontekstu rezultata Nam i sur. (2013) koji su pokazali da su pivoti u KV-prijelazima perceptivno poželjniji od pivota u VK-prijelazima, međutim nisu spominjali frekvencijski odnos jednih i drugih u tipičnoj govornoj produkciji tako da nije moguće napraviti izravnu usporedbu. Trebalo bi napomenuti i to da smjer kretanja pivota nije uvijek bio očekivan. U većini analiziranoga govornoga materijala u KV-pivotima spušta se prednji dio jezika, a stražnji podiže. U VK-pivotima je obratno: prednji se dio jezika podiže, a stražnji spušta (naravno, ne smijemo zaboraviti da se jezik cijelo vrijeme kreće i paralelno s fiksnim strukturama). Takvo je kretanje očekivano jer se glas [ʃ] tvori vrhom jezika na stražnjemu dijelu alveolarnoga grebena, ali pronađene su 3 iznimke. U jednome ostvaraju vokala [i] kod i4 KV-pivot i VK-pivot imaju suprotne obrasce kretanja od očekivanih. U jednome ostvaraju vokala [i] kod i5 u KV-pivotu prednji se dio jezika podiže, a stražnji spušta. Trebalo bi pogledati i kretanje jezika u konsonantima da bi se sa sigurnošću znalo o čemu se radi, ali nije nevažno da se sva tri slučaja javljaju u ostvarajima [i], ali ni to da se radi o ispitanicima koji su najkasnije ugradili umjetnu pužnicu. Od 6 pivota koji zauzimaju cijeli vokal, 2 se ponašaju kao KV-pivoti, a 4 kao VK-pivoti.

Tablica 2. Broj pivota prema vokalima i položaju unutar vokala neovisno o ispitanicima. Broj pivota u vokalima označen je zvjezdicom jer je razlika statistički značajna.

Ukupan broj pivota	Pivoti u [a]	Pivoti u [i]	Pivoti u [u]	KV-pivoti	VK-pivoti	Pivoti koji zauzimaju cijeli vokal
64	28*	10*	26*	25	33	6

Tablica 3. prikazuje broj pivota prema vokalima i položaju unutar vokala za svakoga ispitanika posebno. Ono što se može primijetiti jest da se broj pivota smanjuje od i1 prema i5, dakle od ispitanika kojemu je najranije ugrađena umjetna pužnica prema ispitaniku kojemu je najkasnije ugrađena. Ta razlika međutim nije statistički značajna ( $\chi^2 = 2.875$ ,  $df = 4$ ,  $p > 0.05$ ). Odnosi ostaju slični kod vokala [a] i [u], ali od svih ispitanika i1 ima najmanje pivota u vokalu [i] (samo jedan).

Tablica 3. Broj pivota prema vokalima i položaju unutar vokala kod svakoga ispitanika posebno

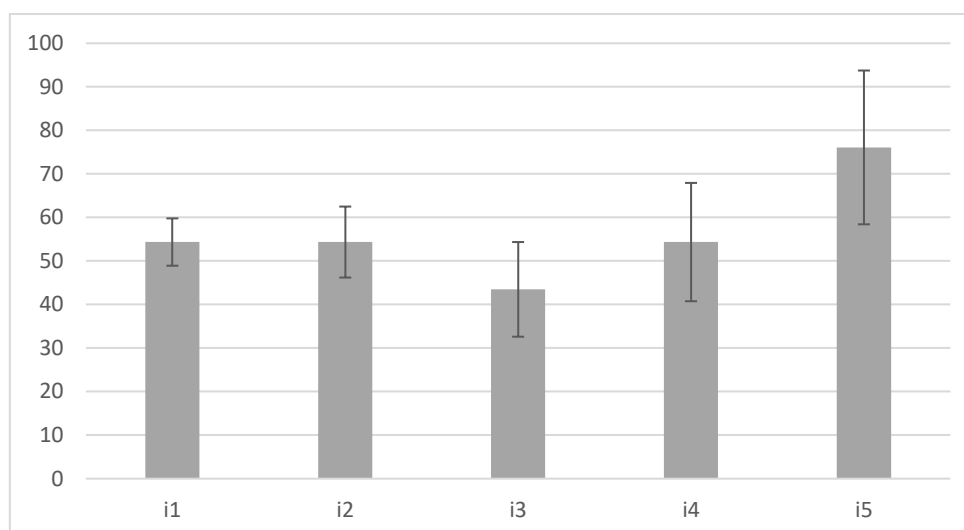


## 5.2. Trajanje pivota

Tablica 4. prikazuje prosječno trajanje pivota (u ms) i varijabilnost trajanja pivota (Q) među ispitanicima. Kao mjera centralne tendencije za sve varijable (izuzevši, naravno, broj pivota) rabila se centralna vrijednost. Mjera raspršenja koja se upotrebljava uz centralnu vrijednost je poluinterkvartilno raspršenje (Q) koje pokazuje raspon u kojemu se nalazi 50% rezultata, a statistički test koji se umjesto analize varijance može primijeniti na temelju centralne vrijednosti je Kruskal-Wallisov test. Nije bilo opravdano koristiti se aritmetičkom sredinom jer je maksimalan broj rezultata za ispitanike 17 (najveći broj pivota u jednoga ispitanika) i distribucije nisu normalne. Naime Petz i sur. (2012: 32) spominju da je aritmetičku sredinu opravdano koristiti ako je distribucija normalna i ako je broj rezultata najmanje 30.

Provjera izgleda svih distribucija i Kruskal-Wallisovi testovi obavili su se u programu *Jamovi*. Kako bi se dakle usporedile centralne vrijednosti trajanja pivota među ispitanicima, upotrijebio se Kruskal-Wallisov test:  $\chi^2 = 6.09$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.193$ , koji je pokazao da među njima nema statistički značajne razlike. Mogući utjecaj tempa govora na rezultate nije se uzeo u obzir, što je propust na koji bi trebalo obratiti pozornost u budućim istraživanjima. Kao što je već spomenuto, Kim i sur. (2019: 2161) pokušali su neutralizirati utjecaj tempa govora na trajanje pivota tako što su trajanje računali kao broj sličica u pivotu podijeljen s ukupnim brojem sličica u ciljanome diftongu/slijedu i pomnožen sa 100, pa bi se trebala primijeniti slična procedura. Varijabilnost trajanja pivota raste od i1 prema i5.

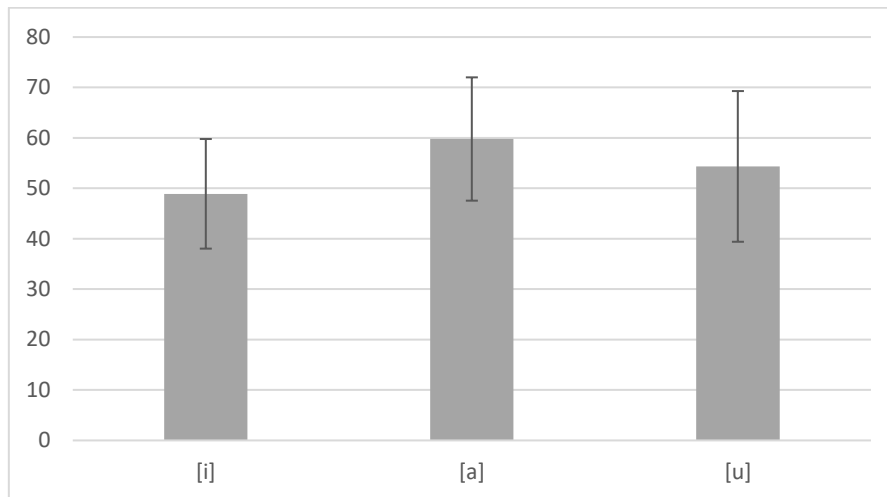
Tablica 4. Centralne vrijednosti trajanja pivota (u ms) i varijabilnost trajanja pivota (Q) kod ispitanika



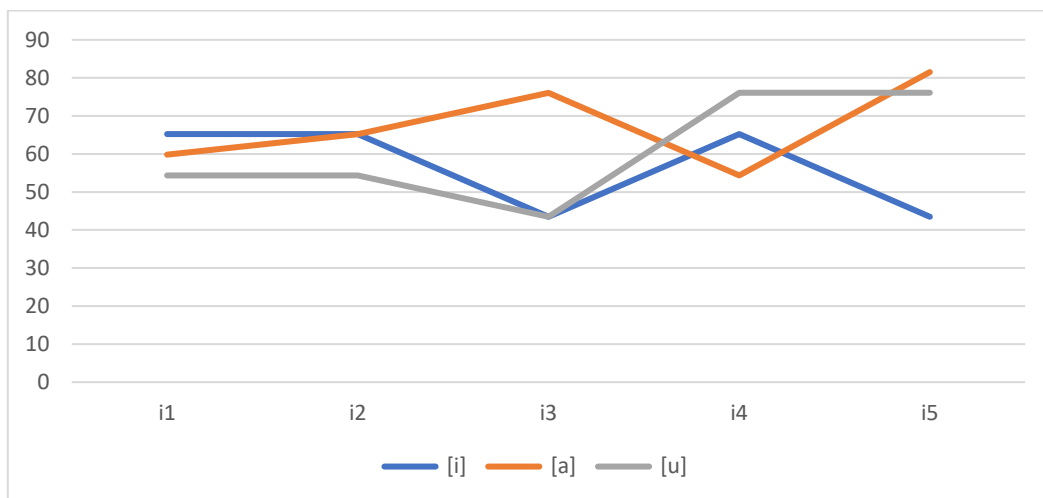
Tablica 5. prikazuje razliku između prosječnoga trajanja pivota (u ms) i varijabilnosti trajanja pivota (Q) u vokalima. Kao mjeru centralne tendencije za varijable u vokalima također se rabila centralnu vrijednost. Ima više podataka za uprosječivanje u vokalima [a] i [u] (28 i 26), no samo 10 za vokal [i]. Distribucije rezultata nisu normalne osim u dvama slučajevima (v. dalje). Rezultati su Kruskal-Wallisova testa sljedeći:  $\chi^2 = 2.54$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.281$ . Test je pokazao da nema statistički značajne razlike u trajanju pivota među vokalima. Varijabilnost trajanja lagano raste od vokala [i] prema vokalu [u]. Kako se radi o atipičnim ispitanicima koje je dobro promatrati kao pojedinačne slučajeve, a razlike među vokalima nisu statistički relevantne, opisu rezultata dodala se i Tablica 6. koja diferencira podatke o prosječnome trajanju pivota i prema ispitanicima i prema vokalima. Važno je napomenuti da i1 ima samo jedan pivot u vokalu [i]

tako da koliko god taj pivot odskakao od ostalih u vrijednostima varijabli, ne utječe mnogo na centralne vrijednosti. Pivota u vokalu [i] općenito ima malo, pa nisu utjecajni.

Tablica 5. Centralne vrijednosti trajanja pivota (u ms) i varijabilnost trajanja pivota (Q) u vokalima



Tablica 6. Centralne vrijednosti trajanja pivota (u ms) prema ispitanicima i vokalima



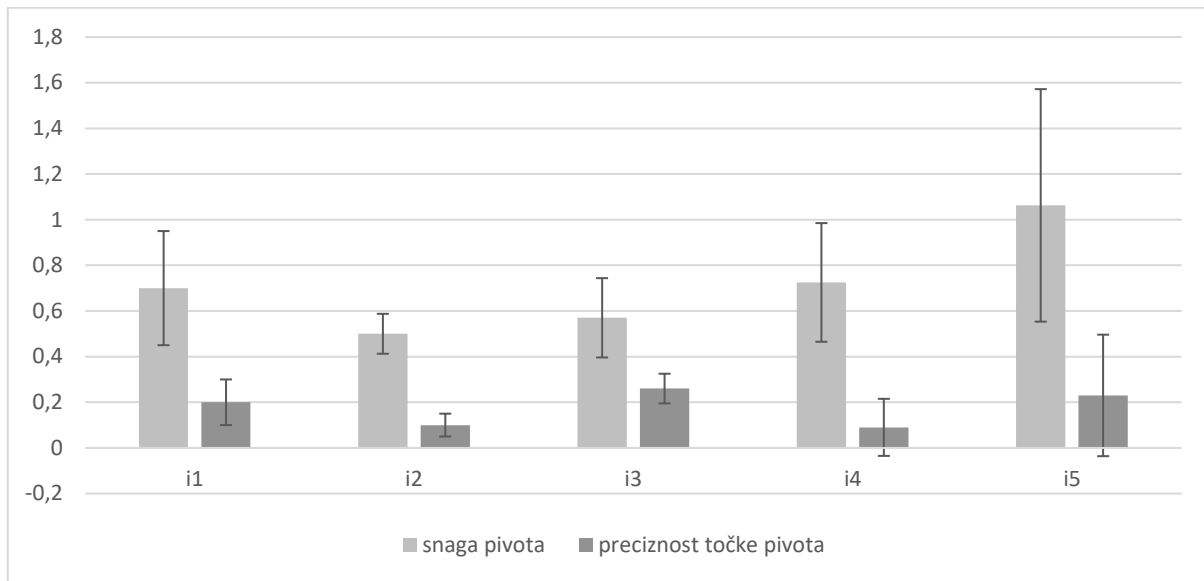
### 5.3. Snaga pivota i preciznost točke pivota

Tablica 7. prikazuje prosječnu snagu pivota i prosječnu preciznost točke pivota (s vrijednostima izraženima u SD) za svakoga ispitanika s pripadajućim im mjerama varijabilnosti (Q). Centralne vrijednosti snage pivota uspoređene su Kruskal-Wallisovim testom:  $\chi^2 = 13$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.011$ . Test upućuje na to da postoji statistički značajna razlika u snazi pivota među ispitanicima. Pokazalo se da ispitanik kojemu je najkasnije ugrađena umjetna pužnica i koji je

najkasnije počeo s terapijom ima najveću prosječnu snagu pivota. Rezultat je Kruskal-Wallisova testa za preciznost točke pivota sljedeći:  $\chi^2 = 9.48$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.05$ . Razlika strogo gledajući nije statistički značajna, ali je na samoj granici statističke značajnosti. Kako su obje varijable izražene u standardnim devijacijama, moglo ih se međusobno uspoređivati. Preciznost točke pivota nije se pokazala ni proporcionalnom ni obrnuto proporcionalnom veličinom u odnosu na snagu pivota, barem vizualnom inspekcijom. Podsjećam da veće vrijednosti preciznosti točke pivota upućuju na manju preciznost jer se radi o standardnim devijacijama. Moglo bi se pretpostaviti da preciznost ovisi o broju pivota unutar kojih se mijenja položaj točke pivota kod svakoga ispitanika (i1 – 6, i2 – 1, i3 – 3, i4 – 1, i5 – 4), ali ni tu utjecaj nije nedvosmislen. Možda se radi o kombinaciji utjecaja snage pivota i promjena u položaju točke pivota. Podaci o varijabilnosti snage pivota prate podatke o prosječnoj snazi pivota, pa se čini da veća prosječna snaga kod ispitanika podrazumijeva i veću varijabilnost snage. Varijabilnost preciznosti točke pivota prati varijabilnost snage – i4 i i5 imaju vrlo varijabilne rezultate. Ako se prosječne snage pivota podijele s prosječnim preciznostima točke pivota kako bi se dobila mjera sličnija indeksu pivotiranja, od rezultata s najvećom vrijednošću do rezultata s najmanjom vrijednošću ispitanici se nižu na sljedeći način: i4, i2, i5, i1, i3, pa tendencija nije jasna. Pitanje je što vrijednost snage pivota implicira. Moglo bi se pretpostaviti da visoke vrijednosti snage znače da ispitanik postiže artikulacijske mete, a niske vrijednosti da je zamah pokreta reduciran – vidjeli smo da su rezultati Okalidou i Harris (1999) pokazali da prelingvalno gluhi ispitanici imaju oslabljenu realizaciju konsonanata. Međutim moguće je da ispitanici koji imaju veliku snagu pivota jezikom rade veće, ali ujedno i grublje pokrete. Kako se s većom prosječnom snagom pivota kod ispitanika povećava varijabilnost snage, povećava se dakle razina nedosljednosti u pokretima.



Tablica 7. Centralne vrijednosti snage pivota (u SD) i varijabilnost snage pivota (Q) te centralne vrijednosti preciznosti točke pivota (u SD) i varijabilnost preciznosti točke pivota (Q) kod ispitanika



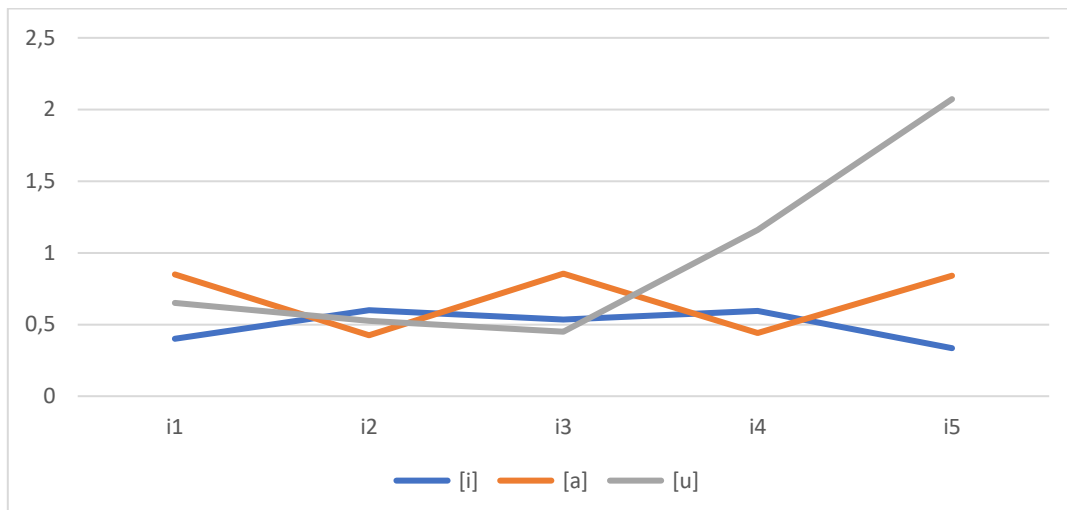
Tablica 8. prikazuje prosječnu snagu pivota i prosječnu preciznost točke pivota (s vrijednostima izraženima u SD) u vokalima s pripadajućim im mjerama varijabilnosti (Q). Kruskal-Wallisov test za snagu pivota pokazao je sljedeće:  $\chi^2 = 5.06$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.08$ , dakle razlika među centralnim vrijednostima nije statistički značajna. Ni razlika u preciznosti točke pivota među vokalima nije statistički značajna:  $\chi^2 = 2.04$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.36$ . Kako su obje varijable izražene u standardnim devijacijama, moglo ih se međusobno uspoređivati. Odnosi između snage i preciznosti ne pokazuju nedvosmislenu tendenciju, a preciznost se ne čini ovisnom ni o broju pivota s promjenom položaja točke u svakome vokalu ([i] – 1, [a] – 6, [u] – 8). S druge strane ako promotrimo odnos između prosječnoga trajanja i prosječne snage pivota u vokalima, pokazuju istu tendenciju – pivoti koji duže traju, imaju i veću snagu. Međutim taj odnos nije nedvosmislen među ispitanicima. U istraživanju Kim i sur. (2019) odnos snage i trajanja nije se mogao jednoznačno opisati tako da nije neobično da isto vrijedi i za atipične ispitanike. Varijabilnost snage pivota raste od vokala [i] prema vokalu [u] iako [a] ima najveću prosječnu snagu pivota – za razliku od podataka za ispitanike prosječna snaga i varijabilnost snage u vokalima nemaju jednosmjernan odnos. No prosječna snaga i varijabilnost snage u vokalima imale bi proporcionalan odnos da se kao mjera centralne tendencije rabila aritmetička sredina. To se jasno vidi u Tablici 9. Varijabilnost je preciznosti točke pivota gotovo jednaka za sva tri vokala. Kako se radi o atipičnim ispitanicima koje je dobro promatrati kao pojedinačne slučajeve, a razlike među vokalima nisu statistički relevantne, opisu rezultata dodala se i Tablica

9. koja diferencira podatke o prosječnoj snazi pivota i prema ispitanicima i prema vokalima te  
 Tablica 10. koja diferencira podatke o prosječnoj preciznosti točke pivota i prema ispitanicima  
 i prema vokalima.

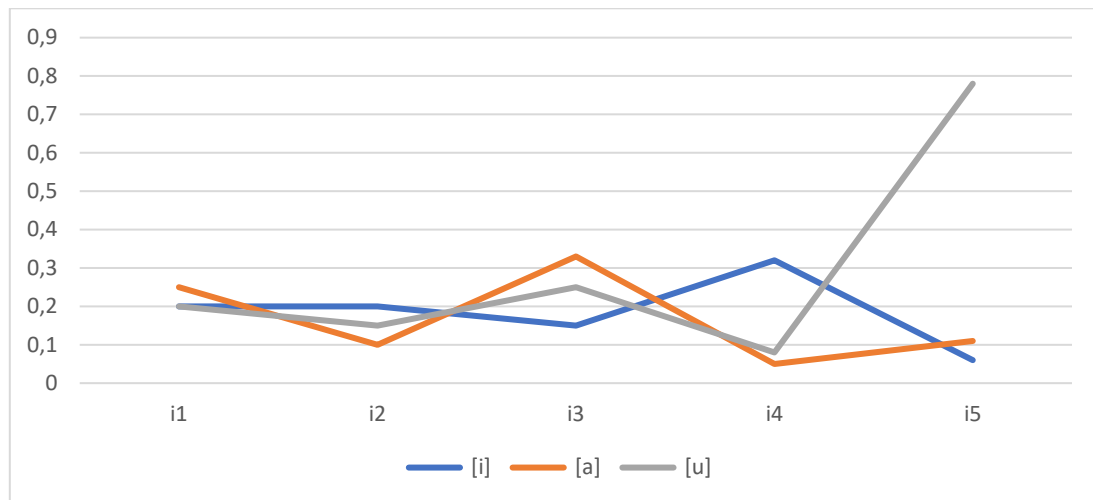
Tablica 8. Centralne vrijednosti snage pivota (u SD) i varijabilnost snage pivota (Q) te centralne vrijednosti preciznosti točke pivota (u SD) i varijabilnost preciznosti točke pivota (Q) u vokalima



Tablica 9. Centralne vrijednosti snage pivota (u SD) prema ispitanicima i vokalima



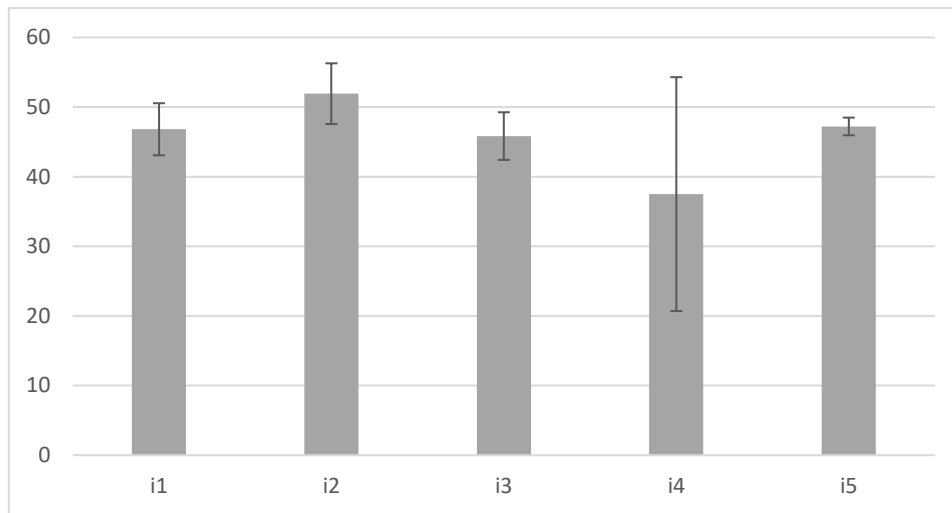
Tablica 10. Centralne vrijednosti preciznosti točke pivota (u SD) prema ispitanicima i vokalima



#### 5.4. Položaj točke pivota

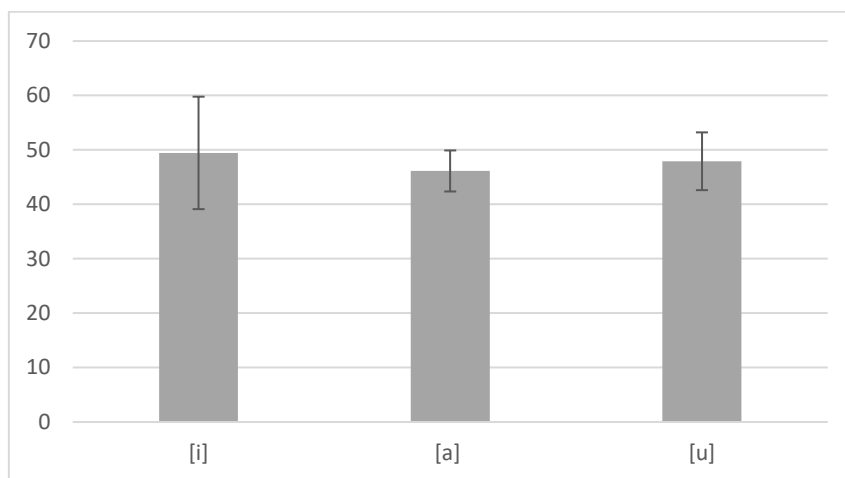
Tablica 11. prikazuje odnose u prosječnome položaju točke pivota (s vrijednostima izraženima u postocima) i u varijabilnosti položaja točke pivota (Q) među ispitanicima. Centralne tendencije za položaj točke pivota uspoređene su Kruskal-Wallisovim testom:  $\chi^2 = 9.14$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0.058$ , koji je pokazao da razlika u položaju točke pivota među ispitanicima nije statistički značajna. Zanimljivo je da se u većine ispitanika položaj točke pivota nalazi neposredno ispred sredine prosječne krivulje. Kako se glas [ʃ] tvori vrhom jezika na stražnjemu dijelu alveolarnoga grebena, ali angažira i leđa jezika, a vokali zahtijevaju angažman leđa u palatalnome i posteriornijim područjima, nije neobično da nešto veći dio vidljive mase jezika ostaje iza točke pivota. Varijabilnost položaja točke pivota ukazuje na jako veliku razliku između i4 i ostalih ispitanika.

Tablica 11. Centralne vrijednosti položaja točke pivota (u %) i varijabilnost položaja točke pivota (Q) kod ispitanika

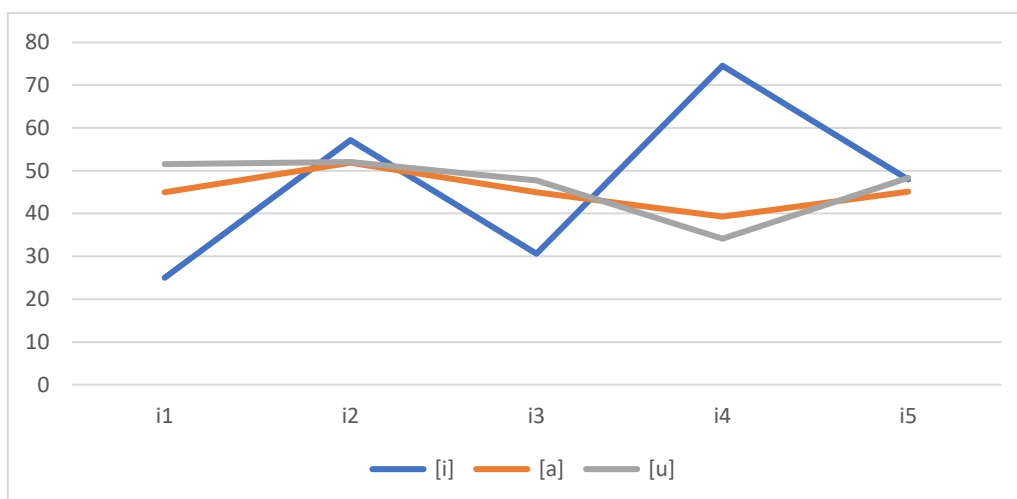


Tablica 12. prikazuje razliku između prosječnoga položaja točke pivota (s vrijednostima izraženima u postocima) u vokalima s pripadajućim mjerama varijabilnosti (Q). Distribucije rezultata za položaj točke pivota u vokalima [a] i [u] jedine su normalne distribucije u rezultatima, međutim distribucija za [i] nije normalna, pa se za analizu svejedno rabila centralna vrijednost. Kako bi se usporedile centralne vrijednosti položaja točke pivota, koristio se Kruskal-Wallisov test:  $\chi^2 = 0.478$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.787$ . Test je pokazao da nema statistički značajne razlike u položaju točke pivota među vokalima tako da četvrta hipoteza nije potvrđena – dapače, razlike u prosječnome položaju točke pivota u vokalima statistički su najmanje relevantne od svih izračunatih razlika. Varijabilnost položaja točke pivota za vokal [i] otprilike je dvostruko veća nego u drugim vokalima. Ako se usporede varijabilnosti položaja točke pivota za svakoga ispitanika i za svaki vokal posebno radi veće preglednosti, Q većinom ostaje u okviru od 11% osim kod vokala [i], gdje iznosi 21%, i kod i4, gdje iznosi čak 34%. Naime kod i4 prosječni se položaj točke pivota za [a] i [u] nalazi na oko 38% prosječne krivulje jezika, a položaj točke za [i] na oko 75% prosječne krivulje jezika, što znači da je u potonjemu slučaju veliki dio jezika ispred točke pivota. Kako se radi o atipičnim ispitanicima koje je dobro promatrati kao pojedinačne slučajeve, a razlike među vokalima nisu statistički relevantne, opisu rezultata dodala se i Tablica 13. koja diferencira podatke o prosječnome položaju točke pivota i prema ispitanicima i prema vokalima.

Tablica 12. Centralne vrijednosti položaja točke pivota (u %) i varijabilnost položaja točke pivota (Q) u vokalima



Tablica 13. Centralne vrijednosti položaja točke pivota (u %) prema ispitanicima i vokalima



### 5.5. Ostali obrasci kretanja jezika

Osim pivota pronađeno je 30-ak slučajeva koji su se vizualnom inspekcijom mogli kategorizirati u određenu skupinu globalnih pokreta jezika. Međutim razlika među njima nije uvijek jasna. Prijenosi podrazumijevaju vertikalni pomak cijele linije jezika. Lukovi podrazumijevaju izdizanje jednoga dijela jezika. Ako se cijela linija jezika podiže, ali se jedan njezin dio ističe, u ovome se radu podrazumijevalo da se radi o prijenosu po uzoru na primjere iz Kim i sur. (2019: 2162). Postoji pet slučajeva u kojima se jezik u prvome dijelu vokala spušta cijelom linijom, a onda se preusmjeri u pivot te jedan slučaj u kojemu se jezik spusti cijelom

linijom pa podigne cijelom linijom (u vokalu [i]). Kako su ti pokreti produktivni, tj. proizvode vokale, odredilo ih se kao prijenose. Naime globalni pokreti koji se nalaze na prijeklopima artikulacijskih gesta moraju rezultirati produkcijom nekoga glasa.

U rad se radi potpunosti opisa uvrstilo i spuštanje jezika na jednoj lokaciji u vokalnome traktu koje Iskarous (2005) spominje kao spuštanje jezika iz luka (v. potpoglavlje o lukovima), ali pokazalo se da nije svako takvo spuštanje ili izravnavanje jezika identično. U jednome se slučaju radi o spuštanju prednjega dijela jezika na početku vokala da bi jezik nakon toga pivotirajući promijenio smjer – to bi mogao biti nepotpuno izveden slijed od dva pivota. U pet slučajeva radi se o izravnavanju jezika nakon luka, a u šest slučajeva radi se o izravnavanju jezika nakon pivota. Pri izravnavanju jezik se ili podiže na dvjema lokacijama dok dio između njih relativno miruje ili se podiže na dvjema lokacijama dok se dio između njih blago spušta. Izravnavanje bi moglo biti produktivnim načinom prijelaza iz vokala u konsonante jer se uvijek nalazi na VK-prijelazima.

Ako se sve to uzme u obzir, u istraživanju je pronađeno 12 prijenosa, 8 lukova te 11 slučajeva izravnavanja jezika. Ostali su slučajevi već spomenuto spuštanje samo prednjega dijela jezika, potom slučajevi u kojima je jezik relativno mirovao, slučajevi u kojima se uopće nije mogao raspoznati obrazac kretanja te krnji pivoti, tj. pivoti koji su ili trajali prekratko da bi ih se uzelo u obzir ili im je područje mirovanja (područje s minimalnom promjenom u vertikalnome kretanju jezika) bilo veće od 33% prosječne linije jezika. Za neke od njih vjerojatno bi se ispostavilo da jesu pivoti kada bi se pogledalo kretanje jezika u konsonantima.

## 6. Zaključci

Nakon nizanja rezultata bilo bi korisno još jednom se osvrnuti na hipoteze i potom prokomentirati njihov status:

1. Pivoti su prisutni u govoru prelingvalno gluhih govornika hrvatskoga jezika s ugrađenom umjetnom pužnicom – hipoteza je potvrđena. Iako Hardcastle i Tjaden (2008: 511) tvrde da koprodukcijaska teorija koartikulacije u atipičnih ispitanika s poremećajima motoričke kontrole nailazi samo na skromne potvrde, ovaj rad pruža potvrdu za koprodukcijsku teoriju u atipičnih ispitanika s prelingvalnom gluhoćom – ako se pivoti mogu smatrati takvom potvrdom, a na temelju literature čini se da mogu.

2. Više se pivota nalazi u vokalima [a] i [u] nego u vokalu [i] – hipoteza je potvrđena sa statistički značajnom razlikom. U vokalu [i] često su zastupljeni drugi globalni pokreti ili neprepoznatljivi obrasci kretanja. Kod i1, i2 i i4 u vokalu [i] pojavljuju se kombinacije luk – izravnavanje jezika koje se javljaju samo u vokalu [i].

3. Ispitanici će se razlikovati prema broju pivota i prema karakteristikama pivotiranja zbog njihove različite kliničke slike – hipoteza je potvrđena, ali statistički je značajna samo razlika u snazi pivota među ispitanicima. Analizu bi trebalo provesti na većem broju slučajeva. Za **broj se pivota** pokazalo da je veći kod ispitanika koji su ranije ugradili umjetnu pužnicu. Trebalo bi istaknuti i to da i1, koji ima najranije vrijeme ugradnje umjetne pužnice, u vokalima [a] i [u] ima pivote u svim mogućim slučajevima, a u vokalu [i] ima tek jedan pivot. O **trajanju pivota** ne može se donositi zaključke jer utjecaj tempa govora nije neutraliziran. Pokazalo se da ispitanik kojemu je najkasnije ugrađena umjetna pužnica i koji je najkasnije počeo s terapijom ima najveću prosječnu **snagu pivota**. Trebalo bi promotriti i kretanje pivota u konsonantima da se donese pouzdaniji zaključak, ali rezultati bi mogli upućivati na to da veća snaga pivotiranja ne mora značiti da su pivoti izvedeni precizno i korektno, tj. da su artikulacijske mete primjereno pogođene. U svakome slučaju, moglo bi se na tragu istraživanja Okalidou i Harris (1999) pretpostaviti da ispitanici s prelingvalnom gluhoćom imaju ponešto drukčiju organizaciju artikulacijskih gesta jer ne posjeduju dovoljno dobru kontrolu nad dijelovima jezika koji su uključeni u izvođenje različitih gesta pri koprodukciji. Nije se mogao odrediti samo jedan utjecaj na varijablu **preciznosti točke pivota** – ona vjerojatno ovisi i o snazi pivota i o broju pivota unutar kojih se položaj točke mijenja, ali možda i o ispitanicima samima. Za **položaj točke pivota** može se reći da se u većine ispitanika nalazi neposredno ispred sredine prosječne krivulje jezika, što bi se moglo objasniti mjestom i načinom tvorbe glasa [ʃ].

4. Položaj točke pivota ovisi o analiziranome vokalu – hipoteza nije potvrđena. Prosječni položaj točke pivota više se razlikuje među ispitanicima nego među vokalima, no kako se radi o atipičnim ispitanicima, veće razlike u položaju točke pivota kod ispitanika možda i ne bi trebale biti toliko neobične.

Osim pivota od ostalih globalnih pokreta jezika u istraživanju su se pronašli prijenosi, lukovi i obrasci izravnavanja jezika. Postoji nekoliko mana ovoga istraživanja: mali broj ispitanika, vizualna, a ne automatska identifikacija pivota, nedostatak izravne usporedbe s tipičnim ispitanicima, nedostatak izravne usporedbe odnosa pivotiranja i razabirljivosti govora te način kvantifikacije trajanja pivota. U budućim istraživanjima koartikulacije u hrvatskome jeziku kod atipičnih ispitanika trebalo bi istražiti i pivote u različitim glasovnim kontekstima te se pozabaviti i ostalim globalnim obrascima kretanja jezika, ponajprije lukom i prijenosom, ali potencijalno i izravnavanjem. Potrebno je, dakako, provesti slična istraživanja na tipičnim ispitanicima i u različitim jezicima kako bi se o pitanju globalnih pokreta jezika mogli donijeti pouzdaniji zaključci.



## Literatura

- Hardcastle, B. i Tjaden, K. (2008.) Coarticulation and Speech Impairment. U M. J. Ball, M. R. Perkins, N. Müller, S. Howard (ur.), *The Handbook of Clinical Linguistics*, 506–524. Blackwell Publishing.
- Horga, D. i Liker, M. (2016.) *Artikulacijska fonetika: Anatomija i fiziologija izgovora*. Zagreb: Ibis grafika.
- Iskarous, K. (1999.) Patterns of tongue movement. *14th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS99)* (ur. J. J. Ohala, Y. Hasegawa, M. Ohala, D. Granville i A. C. Bailey), 429–430.
- Iskarous, K. (2005.) Patterns of tongue movement. *Journal of Phonetics* 33, 363–381. doi:10.1016/j.wocn.2004.09.001
- Iskarous, K., Nam, H. i Whalen, D. H. (2010.) Perception of articulatory dynamics from acoustic signatures. *The Journal of the Acoustical Society of America* 127, 6, 3717–3728. doi:10.1121/1.3409485
- Kapović, M. (2023.) *Uvod u fonologiju*. Zagreb: Sandorf.
- Kim, B., Tiede, M. K. i Whalen, D. H. (2019.) Evidence for Pivots in Tongue Movement for Diphthongs. *International Congress of Phonetic Sciences 2019 (ICPhS 2019)*, 2169–2163.
- Kocjančič, T. (2010.) *Ultrasound and acoustic analysis of lingual movement in teenagers with childhood apraxia of speech, control adults and typically developing children*. Doktorski rad. Musselburgh: Queen Margaret University.
- Liker, M., Vidović Zorić, A., Zharkova, N. i Gibbon, F. E. (2019.) Ultrasound analysis of postalveolar and palatal affricates in Croatian: a case of neutralisation. *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019* (ur. S. Calhoun, P. Escudero, M. Tabain i P. Warren), 3666–3670.

- Liker, M. i Zvonar, K. (2021.) Pivots in tongue movement in cochlear implant users. *International Clinical Phonetics and Linguistics Association 2020 (ICPLA2020)*.
- Nam, H., Mooshammer, C., Iskarous, K. i Whalen, D. H. (2013.) Hearing tongue loops: Perceptual sensitivity to acoustic signatures of articulatory dynamics. *The Journal of the Acoustical Society of America* 134, 5, 3808–3817. doi:10.1121/1.4824161
- 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:10.1121/1.427064
- Petz, B., Kolesarić, V. i Ivanec, D. (2012.) *Petzova statistika: osnovne statističke metode za nematematičare*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Recasens, D. (1999). Lingual coarticulation. U W. J. Hardcastle, N. Hewlet (ur.), *Coarticulation: theory, data and techniques*, 80–104. Cambridge: CUP.
- Stone, M. i Lundberg, A. (1994.) Tongue-Palate Interactions in Consonants vs. Vowels. *3rd International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP 94)*, 49–52.
- Unser, M. i Stone, M. (1992.) Automated detection of the tongue surface in sequences of ultrasound images. *The Journal of the Acoustical Society of America* 91, 5, 3001–3007. doi:10.1121/1.402934
- Waldstein, R. S. i Baum, S. R. (1994.) Perception of Coarticulatory Cues in the Speech of Children With Profound Hearing Loss and Children With Normal Hearing. *Journal of Speech and Hearing Research* 37, 952–959. doi:10.1044/jshr.3704.952
- Yehia, H. C. (1997.) *A study on the speech acoustic-to-articulatory mapping using morphological constraints*. Doktorski rad. Nagoya: Graduate School of Engineering of Nagoya University.

## Pivotiranje jezika u hrvatskome kod atipičnih ispitanika

### Sažetak

Pivotiranje je vertikalno pomicanje jezika oko relativno stabilne središnje točke koje se javlja na prijeklopima artikulacijskih gesta zbog artikulacijskih ograničenja i koartikulacijskih otpora. Pivot bi mogao biti jedan od temeljnih globalnih pokreta jezika tijekom govora koji utječe i na percepciju govora. Cilj je rada bio istražiti pivotiranje u govoru prelingvalno gluhih govornika hrvatskoga jezika s ugrađenom umjetnom pužnicom. Pretpostavilo se da će broj pivota i karakteristike pivotiranja ovisiti o kliničkoj slici ispitanika te da će broj pivota i položaj točke pivota ovisiti o glasovnome kontekstu. U istraživanju se koristio materijal prikupljen u okviru projekta KROKO. Pivotiranje se analiziralo na ultrazvučnim snimkama kvazispontanoga govora u vokalima [i], [a] i [u] omeđenima frikativom [ʃ]. Prikupljeni su podaci o broju, trajanju i snazi pivota te o preciznosti točke pivota i položaju točke pivota. Pronađeno je 64 pivota. Pokazalo se da broj pivota ovisi o glasovnome kontekstu, a da snaga pivota ovisi o kliničkoj slici ispitanika, što bi moglo upućivati na drukčiju organizaciju artikulacijskih gesta u atipičnih ispitanika.

Ključne riječi: pivotiranje jezika, koartikulacija, artikulacijske geste, prelingvalna gluhoća

## **The Tongue Pivoting in Croatian in atypical participants**

### **Abstract**

Pivoting is a vertical movement of the tongue around a relatively stable central point, which occurs at the overlap of articulatory gestures due to articulatory limitations and coarticulatory resistance. The pivot could be one of the fundamental global patterns of the tongue during speech that also affects speech perception. The aim of the work was to investigate pivoting in the speech of prelingually deaf Croatian speakers with an implanted artificial cochlea. It was assumed that the number and the characteristics of pivots would depend on the clinical status of participants and that the number of pivots and the position of the pivot point would depend on the phonetic context. The materials were collected during the KROKO project. Pivoting was analyzed on ultrasound recordings of quasi-spontaneous speech in the vowels [i], [a], and [u] surrounded by the fricative [ʃ]. Data was collected on the number, duration, and strength of pivots, the precision, and the position of the pivot point. 64 pivots were found. The number of pivots was shown to depend on the phonetic context while the strength of the pivot depends on the clinical status of participants, possibly pointing to different organization of gestures in atypical subjects.

Key words: tongue pivoting, coarticulation, articulatory gestures, prelingual deafness