

ویژگی های کام نگاری همخوان های زبانی کامی فارسی

Palatographic specification of lingual-palatal consonants in persian language

زهرا آقا رسولی¹، آرش بهلولی²، محمد رضا کیهانی¹، فرهاد ترابی نژاد²

Zahra Agharasouli¹, Arash Bohlooli², Mohammad Reza keyhani¹, Farhad Torabinezhad²

چکیده

هدف: هدف این مطالعه بررسی ویژگی های کام نگاری همخوان های زبانی- کامی فارسی است. تا کنون تحقیقی در زبان فارسی انجام نگرفته است، از این رو، تحقیق اخیر با هدف مشخص نمودن الگوهای طبیعی تماس زبان به کام و تعیین تغییر پذیری درون فردی تولید همخوان های زبانی- کامی فارسی، طراحی گشته است. مواد و روش ها: در این تحقیق، 16 همخوان زبانی - کامی فارسی مورد بررسی قرار گرفتند. برای هر همخوان چهار نمونه هجایی (از چهار فرد مورد بررسی) بدست آمد. این همخوان ها در قالب هجاهای (CVCV) و با واکه باز /a/ ادا شدند. ابتدا برای هر همخوان الگوی حداکثر تماس انتخاب شد. سپس از روی این الگو، الگوی نماینده هر فرد بدست آمد. از روی این الگوها نیز الگوی نماینده کل بدست آمد که همان الگوی تماس کلی می باشد. یافته ها: در این بررسی الگوهای متفاوت تماس در همخوان های مختلف مشخص شد. همچنین نشان داده شد همخوان های مختلف از لحاظ شاخص تغییر پذیری، مقادیر مختلفی داشتند. بطوریکه همخوان های /l/, /r/, /n/ بیشترین میزان تغییر پذیری را به خود اختصاص دادند و همخوان های انسدادی و سایشی نیز کمترین میزان تغییر پذیری را بدست آوردند. نتیجه گیری: همخوانهای مختلف فارسی، الگوهای تماس مختلفی دارند و این نتایج با مطالعات مشابه در زبان های خارجی همگونی بسیاری دارد. واژگان کلیدی: کام نگاری، الگوهای تماس، تغییر پذیری

Abstract

Objective: This research is designed to study palatographic specification of lingual-palatal consonants in Persian language. Since there is not any research about the lingual-palatal contacts in Persian language, this research is designed to determine these "normal" contact patterns and variability of Persian consonant production.

Materials and Methods: In this study 16 consonants have been studied. Subjects were 4 normal adults. Each person repeated every consonant 10 times in (CVCV) syllable with vowel /a/. Frame of maximum contact for each consonant was determined. Individual and overall representative frames obtained from those frames.

Results: There are different patterns of variability between Persian consonants. Consonants /n/, /r/, and /l/ display more variable articulation and stops and affricates display less variable articulation than others.

Conclusion: Persian consonants have different contact patterns. These findings are in accordance with previous studies in other languages.

Key words: palatography, contact patterns, variability

1- IUMS Scientific Board Member

2- MSc in speech and language pathology

1- عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی ایران

2- کارشناس ارشد گفتاردرمانی

نشانی مکاتبه: تهران- میدان مادر- خیابان شهید شاه نظری- دانشکده علوم توانبخشی- گروه گفتاردرمانی

Email: zahraaghasouli@yahoo.com

مقدمه

امروزه با پیدایش ابزارهای الکترونیکی و رایانه‌ای امکان ارزیابی و درمان اختلالات گفتاری به شیوه‌ای دقیق‌تر فراهم آمده است. کام نگاری نیز یکی از همین روش‌ها است. این دستگاه تماس های زبان به کام را در حین تولید همخوان‌ها ثبت می‌کند و کارایی آن در این است که امکان نمایش پویا و همزمانی از تولید گفتار را فراهم می‌آورد (1). کام نگاری به منظور ضبط جزئیات مربوط به زمان بندی و جایگاه تماس های زبان به کام طی گفتار پیوسته طراحی شده است (2و3).

در بحث ارزیابی و درمان با کام نگار آنچه پیش از حد ضروری می‌نماید در دست داشتن اطلاعاتی در مورد الگوی طبیعی تماس در همخوان های زبانی - کامی می‌باشد. این مساله بخوبی مشخص شده است که تا زمانی که جنبه‌های تولید گفتار طبیعی و سطوح تغییر پذیری بصورت کمی مشخص نشده باشند، تحقیقات ابزاری تولید گفتار ارزش اندکی خواهند داشت (4). هجینز¹ در 1994 ذکر کرده است که توانایی ابزارها برای تعیین و توصیف اختلالاتی که منشاء عصب شناختی دارند، در صورتی که میزان تغییر پذیری درون فردی، بصورت دقیق مشخص نشده باشد بسیار محدود خواهد بود (4). مکالیفه² (2001) در زمینه توجه به الگوهای تماس زبانی - کامی هنجار چنین می‌گوید:

تحقیقات پیشین که از کام نگاری بعنوان نوعی ابزار ارزیابی بزرگسالان استفاده نموده‌اند، اساساً بر روی توصیف اختلال گفتاری متمرکز شده‌اند و توجه اندکی به مقایسه با داده های هنجار و بویژه داده‌های مربوط به تغییرپذیری درون فردی نموده‌اند. صرفاً در مطالعات انگشت شماری الگوهای طبیعی تماس زبانی - کامی در بزرگسالان توصیف شده‌اند. متأسفانه در مطالعات پیشین، به دفعات مقایسه‌هایی بین گروه های افراد بیمار و سالم انجام گرفته است، بدون اینکه در این مقایسه ها از هرگونه داده‌های هنجار استفاده‌ای شود. بکارگیری مناسب کام نگاری در تحقیقات، نیازمند داده‌های هنجار مناسبی همچون الگوهای تماس زبان به کام،

توصیف این الگوها و اندازه‌گیری تغییرپذیری در تولید گفتار طبیعی می‌باشد (4).

نتایج مطالعات انجام گرفته با کام نگار نشان می‌دهد که همخوان /l/ دارای تغییرپذیری درون فردی بیشتری نسبت به همخوانهای /s/،/t/ می‌باشد (4). داگانیس³ 1994، الگوی تماس را در همخوانهای مورد مطالعه خود چنین شرح داد. در انسدادهای لثوی تماس پیوسته ای در طول برجستگی لثوی و برجستگی‌های لثوی کناری دیده می‌شود. در انسدادی‌های نرم‌کامی تماس کامل در لبه خلفی شکل نمی‌گیرد. در سایشی‌ها تماس طرفی در طول برجستگی‌های لثوی و یک شیار قدامی - خلفی بدون تماس در حدود برآمدگی پشت دندان های پیشین ایجاد می‌شود. در همخوان روان /r/ تماس زبانی کامی، در طول بخش‌های خلفی برجستگی پشت دندان های پیشین ایجاد می‌شود (5). فلچر⁴ 1989 نیز ذکر می‌کند که همخوان های انسدادی - سایشی از بخش های سایش و انسداد تشکیل شده‌اند که بخش سایش آنها در همان مکان و با ابعاد شیار مشابه با /r/،/l/،/3/ شکل می‌گیرند (1).

با توجه به اینکه الگوهای تماس زبان به کام (نقاطی از کام که طی تولید یک همخوان درگیر هستند)، مختصه‌هایی هستند که از زبانی به زبان دیگر تغییر می‌کنند و در زبان فارسی نیز مشخصات این الگوها در دسترس نیست، این تحقیق درصدد تعیین شکل الگوهای تماس در گویندگان طبیعی فارسی زبان و تعیین میزان تغییر پذیری درون فردی این الگوها در بین گویندگان فارسی زبان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به شیوه توصیفی - تحلیلی انجام گرفته است. جمعیت مورد مطالعه دانشجویان 20 تا 25 ساله دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران و نمونه مورد مطالعه، چهار نفر از این جمعیت (دو مرد و دو زن) بودند. تمامی این افراد دارای اکلوژن دندانی طبیعی بوده و هیچ گونه اختلال گفتاری در گذشته و حال نداشتند.

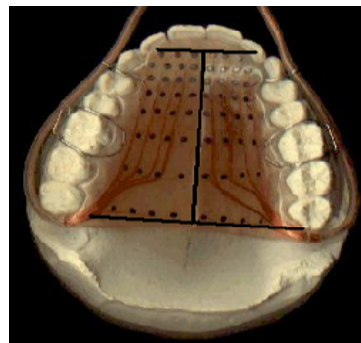
نصف فضای بین چهار ردیف خلفی می‌گردد. همانند ردیف‌های یک و هشت در این ردیف‌ها نیز الکترودها با فواصل یکسان قرار می‌گیرند. انتخاب خطوط مرجع آناتومیکی و قرار دهی الکترودها در فواصل متناسب در بین این خطوط این امکان را فراهم می‌آورد که اندازه‌ها و اشکال مختلف کام، با استناد به جایگاه ردیف و الکترودها خاص مقایسه شوند، به عنوان مثال ردیف شماره 3 (سومین ردیف از قدام که روی لبه برجستگی لثوی قرار می‌گیرد)، در افراد مختلف ارتباط مشابهی با کام و دندان های افراد دارد.

ابتدا فرآیند نمونه‌گیری برای فرد آزمایش شونده توضیح داده شد. سپس به منظور ایجاد تطابق با کام فرد می‌بایست قبل از نمونه‌گیری کام مصنوعی را بمدت یک ساعت در دهان قرار می‌داد (3و2). آزمون شونده در یک اتاق اکوستیک روی صندلی می‌نشست. فاصله وی تا میکروفون 20 سانتی متر بود و طی آزمایش به صفحه نمایش دستگاه نگاه نمی‌کرد. کارت های مربوط به فهرست هجاها که حاوی هجاهاى مورد بررسی بودند بصورت تصادفی انتخاب می شدند و در مقابل فرد آزمایش شونده (در فاصله 20 سانتی متری وی) قرار می گرفتند. این فهرست مشتمل بر 16 همخوان زبانی کامی بود که این همخوان ها در قالب هجای همخوان-واکه - همخوان-واکه و با واکه باز /a/ قرار داشتند. علت انتخاب واکه /a/ به عنوان بافت مجاور همخوان های مورد بررسی این بود که تأثیرات هماهنگی تولید بافتهای اطراف بر روی همخوان مورد مطالعه به حداقل کاهش یابد و تماسی که از این طریق بدست می‌آید، نمایانگر تماس واج تنها باشد. با هر بار پخش علامت صوتی توسط دستگاه آزمون شونده می بایست یکبار هجای مورد نظر را تکرار می کرد. الگوی تماس زبان به کام در فواصل 10 میلی ثانیه بدست می آمد. بین نمونه گیری ها حداقل 10 تا 15 ثانیه زمان وجود داشت. در نهایت برای هر هجا از هر فرد ده نمونه ذخیره گردید (40 هجا از کل افراد). کامپیوتر اطلاعات صوتی و تماسی نمونه ها را بصورت طیف نگاشت و زنجیره الگو های تماس نمایش می داد.

در این تحقیق از سیستم کام نگاری Reading با نسخه نرم افزاری 1/1 استفاده شد. برای افراد مورد مطالعه کام مصنوعی ساخته شد. مشخصات این کامها منطبق بر شیوه 62 الکترودی دانشگاه Reading بود، در این شیوه نحوه چینش الکترودها بر روی کام به ترتیب زیر است:

ابتدا سه خط مرجع زیر بر روی سطح کام ترسیم می شود (شکل 1).

1. یک خط بصورت افقی در عرض بخش فوقانی مدل و در امتداد خط اتصال بین دندان های قدامی و لثه ترسیم می شود.
2. یک خط بصورت افقی در امتداد محل اتصال نرمکام و سخت کام ترسیم می شود.
3. یک خط به حالت عمودی از مرکز کام بصورت قدام به خلف رسم می شود.



شکل 1) نحوه چینش الکترودها بر اساس خطوط مرجع (6)

62 الکترودها در هشت ردیف افقی با هشت الکترودها در هر ردیف (بجز ردیف اول که شش الکترودها دارد) قرار می‌گیرند. قدامی‌ترین و خلفی‌ترین ردیف ها بر روی دو خط مرجع افقی (خطوط 1و2) قرار می‌گیرند. در طول این خطوط افقی، الکترودها در فواصل یکسانی قرار می‌گیرند. کناری‌ترین الکترودها نیز درست در سمت داخلی دندان های کناری قرار می‌گیرند. ردیف‌های باقیمانده به نحوی مرتب می‌شوند که فضای بین چهار ردیف قدامی، معادل

		26	3	1	26	40	40	
40	39	18		12	40	40	40	
40	35			10	39	40	40	
40	12				30	40	40	
40					12	40	40	
40					7	40	40	
40					11	40	40	
40					1	40	40	

/z/

10	7				1	14	16	23
39	39	2			1	27	40	40
40	35					5	40	40
40	18						40	40
40	32						38	40
40	30						38	40
40	14						16	40

/j/

7	13	2			3	12	19	26
39	39	8			6	35	38	40
40	40	4				14	40	40
40	19					3	39	40
40	25					3	40	40
40	31					6	36	40
40	11						13	40

/ʒ/

	18	13	12	16	22	20		
35	37	35	28	32	39	39	40	40
40	40	23	9	17	38	40	40	40
40	36	8	2	1	10	39	40	40
40	18			1	2	39	40	40
40	32	1			1	31	40	40
40	30				10	27	40	40
39	12					11	40	40

/tʰ/

		9				8	8	
34	32	15		19	32	36		40
40	40	15	4	10	34	37		40
40	36	4			9	40		40
40	21				38			40
40	31			7	34			40
40	30			10	29			39
38	10				10			40

/jʰ/

10	3				7	14	25	
38	28				1	12	39	40
40	31					10	40	39
40	18						37	40
40	31				7		36	40
40	30				10		26	40
38	13						12	40

/mʃ/

	18	8	0	15	21	23		
32	27	31		32	40	39	39	
39	40	27	10	17	40	39	39	
40	40	2			7	40	40	
40	22					39	40	
39	29					35	40	
40	18					27	40	
38	8					1	40	

/dʰ/

	10					2	7	10
24	32	15		14	38	35	39	
40	40	15	1	10	40	38	40	
40	40	1			8	39	40	
40	22					38	40	
40	29				1	36	40	
40	17				4	27	40	
35	8					3	40	

/ʒʰ/

					1	3		
10	5			9	21	33		
38	37			1	23	39	40	
40	38			6	40	40		
40	16					33	40	
40	27			1	34	40		
40	17	1		3	28	40		
36	8				3	40		

/mʒʰ/

28	25	23	25	19	20	24	21	
β2	29	16	17	17	18	26	37	
β2	16	10	10	10	11	16	38	
23	4				2	3	24	
22							19	
15							9	
7							2	

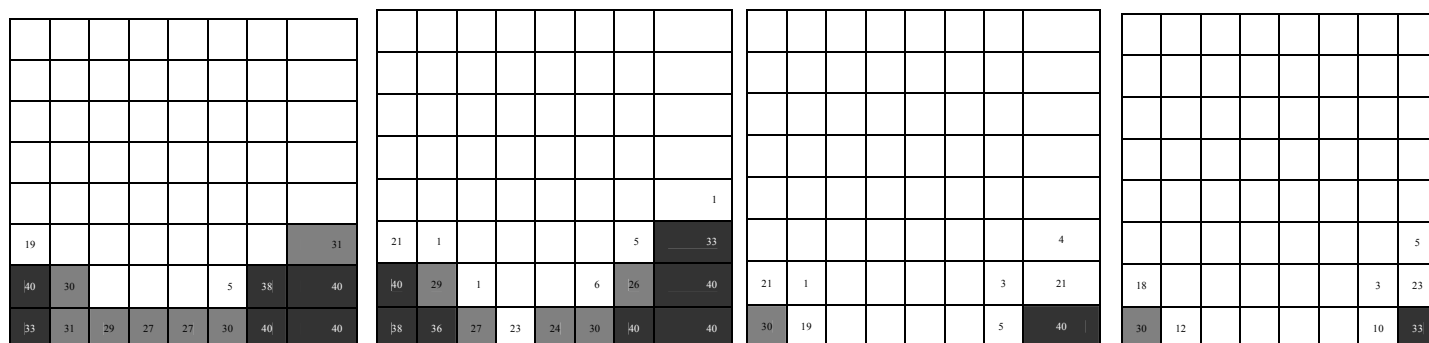
/L/

19	3					3	12	
40	17					15	38	
40	34	1			3	26	40	
40	40	5			10	40	40	
40	40	19			13	40	40	
40	37	8			10	35	40	

/y/

9	18	12	10	11	15	7	5	
35	19	6	4	6	9	9	26	
30	11			2	4	8	38	
24						2	36	
27							39	
39						5	40	
38	3					6	40	

/l/



/k/

/g/

/x/

/Y/

تماس در بیش از 32 نمونه (80% نمونه ها)

تماس در بیش از 24 نمونه (60% نمونه ها)

شکل 2- شکل تماس همخوان های مورد مطالعه

همخوان های انسدادی، سایشی و بخش های سایش و انسداد همخوان های انسدادی - سایشی بیشتر می باشد، لیکن این اختلاف معنی دار نیست ($p > 0/05$). میانگین تغییر پذیری همخوان های سایشی، انسدادی، انسدادی - سایشی و روان /y/ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند ($p > 0/05$).

جدول 1 میانگین و انحراف معیار شاخص تغییر پذیری را در همخوان های مورد مطالعه نشان می دهد. آزمونهای آماری نشان داد (جدول 2) مقدار شاخص تغییر پذیری در گروه همخوان های /t/, /l/, /r/ نسبت به گروه همخوان های /d/, /z/, /ʃ/ بطور معنی داری بالاتر می باشد ($p < 0/000$). تغییر پذیری همخوان /n/ نسبت به

جدول 1- میانگین و انحراف معیار شاخص تغییر پذیری

تغییر پذیری		
انحراف معیار	میانگین	همخوان
2.54	5.83	t
2.08	4.27	d
8.13	15.86	n
1.34	8.65	t'
.79	7.74	d'
6.80	17.67	l
4.82	18.12	f
5.12	6.41	k
6.68	10.15	g
3.77	8.41	y
2.60	7.45	s
1.50	4.46	z
3.76	8.21	ʃ
1.90	8.94	z
1.81	5.05	ʃ'
1.53	6.06	mʃ'
2.34	8.63	z'
1.88	8.91	mz'
12.12	22.25	γ
6.09	8.60	x
6.40	9.58	Total

جدول 2- نتایج آزمون post hoc در ارتباط با مقایسه میانگین تغییر پذیری بین همخوان های زبانی کامی فارسی

	t	d	n	t'	d'	L	f	k	g	y	s	z	ʃ	ʒ	ʃ'	mʃ'	ʒ'	mʒ'	ɣ	x	
t	■																			+	
d		■				+	+														+
n			■																		
t'				■																	+
d'					■																+
L		+				■						+			+						
f		+					■					+			+						
k								■													+
g									■												
Y										■											+
S											■										+
Z						+	+					■									+
ʃ													■								+
ʒ														■							+
ʃ'						+	+								■						+
Mʃ'																■					+
ʒ'																	■				+
mʒ'																		■			+
ɣ	+	+		+	+			+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
X																					+

بحث

بررسی میانگین مقادیر تغییرپذیری نشان می‌داد که اختلاف معنی دلی بین مقادیر تغییرپذیری در همخوان های مختلف وجود دارد. این نتیجه‌گیری با نتایج مطالعه مکالیفه (2001)، مبنی بر وجود اختلاف در شاخص تغییرپذیری بین همخوان ها مطابقت دارد. به نظر می‌رسد اختلاف همخوان ها از لحاظ نحوه تماس زبان به کام، ناحیه‌ای از زبان که تماس را ایجاد می‌کند و میزان فشاری که از طرف زبان به کام وارد می‌شود، منجر به ایجاد اختلاف از لحاظ تغییرپذیری در بین همخوان ها می‌گردد.

با توجه به اینکه کام نگار، تماس های خلفی با ثبات را در همخوان های خلفی /k/, /g/, /x/, /ɣ/ ثبت نمی‌نماید لذا به احتمال زیاد مقادیر واقعی شاخص تغییرپذیری این همخوان ها، کمتر از مقداری می‌باشد که در این مطالعه مشخص شده است. بررسی همخوان های دیگر نشان می‌دهد

که همخوان های /l/, /n/ و /l/ بیشترین مقدار تغییرپذیری درون فردی را حین تکرارهای هر هجا، به خود اختصاص داده اند. مکالیفه (2001) نیز در مطالعات خود به بالاتر بودن تغییرپذیری همخوان /l/ در حین تکرارها و در مقایسه با سایر همخوان ها اشاره کرده بود. همخوان های /l/, /n/ و /l/ مقادیر بیشتری را از لحاظ شاخص تغییرپذیری نسبت به همخوان های سایشی و انسدادی داشتند (اختلاف بین آنها معنی دار بود). همخوان های سایشی اندکی نسبت به همخوان های انسدادی، تغییرپذیری بیشتری داشتند ولی این اختلاف معنی دار نبود. همخوان های انسدادی کمترین میزان شاخص تغییرپذیری را به خود اختصاص داده بودند. علت این اختلاف در مقادیر تغییرپذیری را احتمالاً بتوان به تماس های کناری زبان نسبت داد. تماس با فشاری که در لبه‌های زبان حین تولید همخوان های انسدادی ایجاد می‌شود، بعنوان تکیه‌گاهی برای زبان عمل می‌نماید و مانع از

مشابهت دارد. تعداد نقاط تماس در /s/ و /z/ در زبان فارسی معادل 23/4 و 24/7 الکتروود بوده است. این نقاط در مطالعه مکالیفه (2001) برابر با 22 الکتروود بوده است که از نظر آماری تفاوت چندانی با این مطالعه ندارد.

الگوی تماس آزمونهای سایشی - کامی /s/ و /z/ با الگوی ذکر شده هاردکسل (1987) مطابقت دارد. تعداد نقاط تماس در دو مطالعه زبان فارسی و انگلیسی به ترتیب برابر با 24/2، 25/2، 23/4، 24/7 می باشد که از لحاظ آماری معنادار نیست، داگنایس نیز نتایج مشابه را گزارش نموده است.

در الگوی تماس همخوانهای انسدادی - سایشی /t/ و /d/ بیشترین نقاط تماس نسبت به همخوانهای دیگر وجود دارد. در مطالعه فلچر (1989) نیز این نتایج گزارش شده است. فلچر علت این افزایش تماس را در همخوانهای انسدادی - سایشی پیچیدگی تولید این همخوانها می داند. از این رو فراگیری این همخوانها در مراحل آخر تحول رشد واجی است. در مجموع همخوانهای انسدادی - سایشی کمترین میزان تغییر پذیری و همخوانهای /n/، /r/ و /l/ بیشترین تغییر پذیری را در حین تولید نشان می دهند. این نتایج توسط مکالیفه (2001) نیز تأیید شده است.

نتایج این بررسی نشان می دهد که همخوان های مختلف الگوهای تماس مختلفی دارند. همچنین مشخص شد که همخوان های مختلف از لحاظ تغییر پذیری درون فردی حین تکرارها با همدیگر متفاوتند. همخوان های انسدادی و سایشی کمترین میزان تغییر پذیری و همخوان های /n/، /l/ و /r/ بیشترین میزان تغییر پذیری را حین تولید نشان می دهند. به نظر می رسد، اختلاف در تغییر پذیری همخوان ها بیش از هر چیز، به اختلاف در تماس های طرفی زبان به کام در همخوان های مختلف مربوط می باشد. نتایج این بررسی همچنین نشان می دهد که همخوان های انسدادی - سایشی از بخش های سایش و انسداد تشکیل شده اند که بخش سایش و انسداد آنها متمایز از انسدادی های لثوی و کامی می باشد.

ایجاد تغییرات زیاد جایگاه آن می گردد. در مورد همخوان های سایشی نیز بحث وجود محدودیت های شدید تولیدی مطرح می باشد. این محدودیت های تولیدی در نتیجه پیچیدگی تولید این همخوان ها ایجاد می گردند، بدین صورت که درگیر شدن بخش های مختلف زبان در تولید همخوان های سایشی، احتمالاً مانع از بروز تغییر پذیری زیاد، در تولید این همخوان ها می گردد. در همخوان های /n/، /l/ و /r/ این تماس های کناری یا وجود ندارند یا صرفاً به منظور ایجاد انسداد خفیف در طرفین کام ایجاد می شوند و نمی توانند نقش تکیه گاه برای بخش قدامی زبان را ایفا نمایند و در نتیجه حین تکرارها تغییر پذیری بیشتری نسبت به انسدادی ها و سایشی های قدامی ایجاد می شود.

نتیجه گیری

نتایج این بررسی هر چند از تعداد نمونه های اندکی بدست آمده است، لیکن با نتایج بدست آمده از مطالعات مشابه در زبانهای خارجی همگونی بسیاری دارد. الگوی تماس در همخوانهای انسدادی /d/ و /t/ در زبان فارسی با الگوی مطرح شده توسط مکالیفه (2001)، هاردکسل (1997) و داگنایس (1994) در زبان انگلیسی مشابهت دارد. البته در مطالعات خارجی، همخوان های فوق در مجاورت واکه /i/ و در فارسی در مجاورت واکه /a/ مورد بررسی قرار گرفته اند. ولی با وجود این، الگوی کام نگاری این دو مطالعه مشابه بوده است.

الگوی تماس همخوانهای انسدادی /k/ و /g/ در این مطالعه، به صورت انسداد ناکامل در ردیف هشتم مجاور نرمکام مشخص شده است. تماس کناری زبان با کام در ردیفهای ششم و هفتم به صورت بی ثبات می باشد. این الگو توسط داگنایس (1994) و مکالیفه (2001) نیز گزارش شده است. البته هاردکسل⁵ (1997) انسداد کامل را گزارش کرده است. احتمالاً علت آن بررسی این همخوانها در بافت هجایی با واکه /i/ بوده است.

الگوی تماس همخوانهای سایشی /s/ و /z/ فارسی با الگوی داگنایس (1994)، و هاردکسل (1987) نیز

سیاسگزاری

پی نویس:

- 1- Higgins
- 2- Mcauliffe
- 3- Dagenais
- 4- Fletcher
- 5- Hardcastle

از همکاری مسئولین محترم دپارتمان گفتار درمانی دانشگاه علوم پزشکی ایران، دپارتمان گفتار کالج کوئینز مارگارت اسکاتلند و هلال احمر تبریز به جهت ایجاد امکانات تحقیق و از دکتر ویلیامز هاردکسل و دکتر مگان مکالیفه به جهت پشتیبانی علمی تشکر می گردد.

منابع:

1. Fletcher, S.G. Palatometric specification of stop, affricate and sibilant sounds. *Journal of Speech Hearing Research*. 1989. 32: 736-748.
2. Hardcastle, W.J. EPG Data reduction methods and their implications for studies of lingual coarticulation. *Journal of Phonetics*. 1991. 19: 251-266.
3. Hardcastle, W.J. Gibbon, F. Jones, W. Visual display of tongue – palate contact: EPG in assessment and remediation of speech Disorders. *Journal of Disorders of Communication*. 1991. 26: 41-74.
4. Mcauliffe, MJ. Tongue-to-palate contact patterns and variability of four English

- consonants in an /i/ vowel environment. *log phon vocal*. 2001. 26: 165-178.
5. Dagenais, P.A. A study of voicing and context effect upon consonant Linguapalatal contact patterns. *Journal of Phonetics*. 1994. 22: 225 -233.
6. Byred, D. Flemming, E. Using Regions and indices in EPG Data reduction. *Journal of Speech Hearing Research*. 1995. 38: 821-827.
7. Hardcastle, W.J. Electropalatography and its clinical application. In ball, MJ. *Instrumental clinical phonetics*. London: whurr. 1997.

پیوست 1- نحوه محاسبه شاخص تغییر پذیری (4)

	10	10	10	10	10	10	10
10	10	5	3	2	7	10	10
10	8	0	0	0	0	4	10
10	0	0	0	0	0	0	10
7	0	0	0	0	0	0	4
5	0	0	0	0	0	0	6
6	0	0	0	0	0	0	9
3	0	0	0	0	0	1	3

$$\begin{aligned} \text{Absolute Variability Index} &= \frac{(2 \times 10) + (2 \times 20) + (5 \times 30) + (4 \times 40) + (2 \times 50)}{62} \\ &= \frac{470}{62} \\ &= 7.58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Relative Variability Index} &= \frac{(2 \times 10) + (2 \times 20) + (5 \times 30) + (4 \times 40) + 2 \times 50}{29} \\ &= \frac{470}{29} \\ &= 16.21 \end{aligned}$$

پیوست 2) جدول راهنمای علائم آوانگاری بکار رفته در متن:

علامت نوشتاری		علامت آوانگاری
ت		t
د		d
ل		l
ن		n
ر(زنجی)		r
س		s
ز		z
ش		ʃ
ژ		ʒ
حداکثر تماس بخش انسداد	تف ج	t'
حداکثر تماس بخش سایش		ʃ'
تماس در نقطه حداکثر شدت اکوستیکی بخش سایش		mʃ'
حداکثر تماس بخش انسداد	dʒ ج	d'
حداکثر تماس بخش سایش		ʒ'
تماس در نقطه حداکثر شدت اکوستیکی بخش سایش		mʒ'
ی		y
ک		k
گ		g
خ		X
غ		ɣ