

Domen Tomič¹, Gaj Vidmar², Maja Ovsenik³, Iztok Štamfelj⁴

Pogostnost in izraženost Carabellijevega znaka na mlečnih in stalnih zgornjih kočnikih v vzorcu prebivalstva Slovenije

The Frequency and Expression of the Carabelli Trait in Primary and Permanent Maxillary Molars in a Population Sample from Slovenia

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: oblikovni zobni znaki, Zobnoantropološki sistem Državne univerze v Arizoni, zgornji kočniki, zobna morfologija, zobna antropologija

IZHODIŠČA. Carabellijev znak je struktura na mezialni polovici palatinalne ploskve zgornjih kočnikov. Namen raziskave je bil določiti pogostnost in izraženost Carabellijevega znaka v vzorcu prebivalstva Slovenije ter primerjati izraženost Carabellijevega znaka na skleninsko-dentinski meji in zunanji skleninski površini. **METODE.** Uporabili smo mavčne modele zobnih lokov, ki so bili pri skupini 267 otrok (132 dečkov in 135 deklic) izdelani v starostnem obdobju 3–12 let. Izraženost Carabellijevega znaka smo ugotavljali po Zobnoantropološkem sistemu Državne univerze v Arizoni, ki vključuje osem vrstilnih stopenj Carabellijevega znaka (0–7). Razlike med spoloma smo ovrednotili s testom χ^2 . Bukopalatinalno smo prerezali 11 izdrtih prvih stalnih kočnikov na mestu Carabellijevega znaka in na prerezih s svetlobnim mikroskopom ugotavljali izraženost znaka na skleninsko-dentinski meji. **REZULTATI.** Carabellijev znak je bil prisoten pri 92,5 % drugih mlečnih kočnikov, 78,4 % prvih stalnih kočnikov in 41,3 % drugih stalnih kočnikov, pozitivna oblika Carabellijevega znaka (izbočenje ali vršek) pri 19,7 % drugih mlečnih kočnikov, 27,7 % prvih stalnih kočnikov in 4,1 % drugih stalnih kočnikov. Pri nobeni vrsti zoba nismo ugotovili statistično značilne povezave med izraženostjo Carabellijevega znaka in spolom. Pri kočniku brez Carabellijevega znaka je bila tudi skleninsko-dentinska meja ravna, pri preostalih je bil na skleninsko-dentinski meji dentinski vršek. V treh primerih je bila šibka izraženost znaka na zunanji skleninski površini v nesorazmerju z izrazitim dentinskim vrškom. **RAZPRAVA.** Za prebivalstvo Slovenije sta, tako kot za druge evropske populacije, značilni velika pogostnost Carabellijevega znaka ter velika pogostnost pozitivne oblike znaka na drugih mlečnih in prvih stalnih kočnikih. Verjetno je pri večini primerov neuskkljenosti izraženost znaka šibkejša na zunanji skleninski površini kakor na skleninsko-dentinski meji.

¹ Domen Tomič, dr. dent. med., Zavod Orthos, Vilharjev podhod 18, 1000 Ljubljana; domen.tomic5@gmail.com

² Prof. dr. Gaj Vidmar, univ. dipl. psih., Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Linhartova cesta 51, 1000 Ljubljana; Inštitut za biostatistiko in medicinsko informatiko, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Vrazov trg 2, 1000 Ljubljana; Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Univerza na Primorskem, Glagoljaška ulica 8, 6000 Koper

³ Prof. dr. Maja Ovsenik, dr. dent. med., Katedra za zobno in čeljustno ortopedijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Hrvatski trg 6, 1000 Ljubljana

⁴ Doc. dr. Iztok Štamfelj, dr. dent. med., Katedra za zobne bolezni in normalno morfologijo zobnega organa, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Hrvatski trg 6, 1000 Ljubljana; Center za zobne bolezni, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Hrvatski trg 6, 1000 Ljubljana

ABSTRACT

KEY WORDS: morphological dental traits, Arizona State University Dental Anthropology System, maxillary molars, dental morphology, dental anthropology

BACKGROUNDS. The Carabelli trait is a structure on the mesial half of the palatal surface of the maxillary molars. The aim of the study was to determine the frequency and expression of the Carabelli trait in a population sample from Slovenia and to compare the trait expression at both the enamel-dentine junction and the external enamel surface. **METHODS.** This study used stone models of dental arches, which were made in a group of 267 children (132 boys and 135 girls) in the age period between 3 and 12 years. The Carabelli trait expression was quantified using the Arizona State University Dental Anthropology System, which includes eight ordinal grades (0–7). Sex differences were evaluated by the χ^2 test. Eleven extracted permanent first molars were sectioned buccopalatally at the Carabelli trait site, and its expression at the enamel-dentine junction was determined using light microscopy. **RESULTS.** The Carabelli trait was present on 92.5%, 78.4%, and 41.3% of the primary second, permanent first and permanent second molars, respectively. It was expressed as a positive form (a bulge or a cusp) on 19.7%, 27.7%, and 4.1% of the primary second, permanent first and permanent second molars, respectively. There was no statistically significant association between the Carabelli trait expression and sex in any tooth type. In a molar without the Carabelli trait, the enamel-dentine junction was also flat, whereas in other molars a dentine cusp was expressed at the enamel-dentine junction. In three cases, a weak trait expression on the external enamel surface was disproportionate to a pronounced dentine cusp. **DISCUSSION.** The Slovenian population, as well as other European populations, is characterized by a high frequency of the Carabelli trait and a high frequency of its positive forms on the primary second and permanent first molars. It is probable that in most cases of inconsistency, the trait expression is weaker on the external enamel surface than on the enamel-dentine junction.

IZHODIŠČA

Carabellijev znak (CZ) je struktura na palatinalni ploskvi meziopalatinalnega vrška (arhikonusa) zgornjih kočnikov. Prvotno so izboklino ali dodaten vršek na tem mestu imenovali Carabellijev tuberkel (lat. *tuberculum Carabelli*), pozneje so ugotovili, da je lahko izražen kot brazda ali jamica, zato so uvedli pojmovno širši izraz Carabellijeva struktura ali znak (1, 2). Brazda in jamica predstavljata vdolbinasto ali negativno obliko CZ, izbočenje in vršek pa izboklinasto ali pozitivno obliko CZ. Znak se imenuje po dunajskem zobozdravniku Georgu Carabelliju, čeprav ga je že 15 let pred njim (leta 1827) omenil francoski anatom Louis F. E. Rousseau (3). CZ je najpogostejši in naj-

bolj izražen na drugem mlečnem in prvem stalnem kočniku, sledi drugi stalni kočnik, na tretjem se pojavi redko (4). Za izraženost CZ na drugem mlečnem in prvem stalnem kočniku je značilna velika stopnja levo-desne somernosti (5, 6).

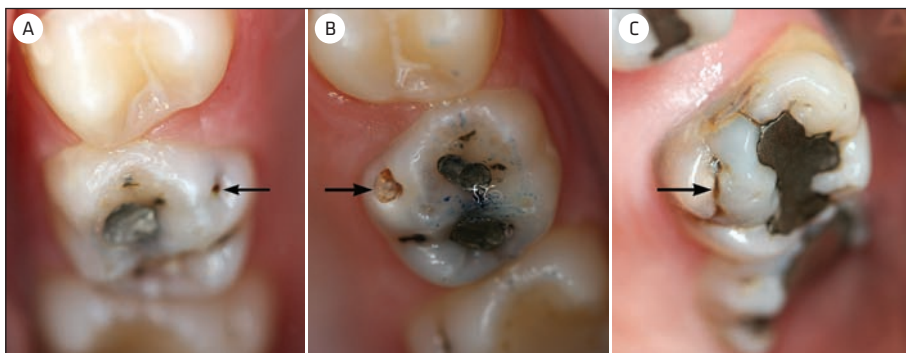
V preteklosti so se uporabljale različne razvrstitve CZ, npr. štiristopenjski razvrstitvi po Krausu in Jørgensenu, petstopenjske po Dietzu, Goosu in Leeju ter Alvesalu in sodelavcih ter devetstopenjska po Shapiru, kar je oteževalo primerjave rezultatov različnih raziskav (7–12). Danes uporabljamo priredbo osemstopenjske Dahlbergove razvrstitve, ker je pri njej določanje posameznih stopenj izraženosti znaka zanesljivejše kakor pri drugih razvrstitvah (13, 14). Vključena

je v Zobnoantropološki sistem Državne univerze v Arizoni (Arizona State University Dental Anthropology System, ASUDAS), ki so ga vpeljali v 90. letih prejšnjega stoletja in je danes mednarodno uveljavljena metoda za določanje oblikovnih zobnih znakov (15). ASUDAS sestavljajo mavčne ploščice, ki prikazujejo posamezne stopnje izraženosti oblikovnih zobnih znakov in njihov besedilni opis. Vse razvrstitve CZ temeljijo na njegovi izraženosti na zunanji skleninski površini (ZSP), čeprav je tako kot večina drugih oblikovnih zobnih znakov izražen tudi na skleninsko-dentinski meji (SDM), izraženost na obeh površinah pa ni vselej skladna (3). Raznolika pojavnost CZ je rezultat medsebojnega učinkovanja genetskih, epigenetskih in okoljskih dejavnikov (16, 17).

CZ je zaradi svojega antropološkega, forenzičnega in kliničnega pomena med najbolj preučevanimi oblikovnimi zobnimi znaki. Negativne oblike znaka, zlasti Carabellijeva jamica (lat. *foveola Carabelli*), pa tudi fisure, ki ločujejo velik Carabellijev vršek od meziopalatinalnega vrška, so predilekcijska mesta za karies (slika 1), zato jih je treba upoštevati pri odločanju za zalivanje fisur in jamic (18). Velik Carabellijev vršek ima svoj divertikel pulpe, kar je treba upoštevati pri zobnih preparacijah. Z anatom-

skega vidika je CZ zaradi velike pogostnosti na prvem zgornjem stalnem kočniku uporaben za njegovo razlikovanje od drugega in tretjega zgornjega stalnega kočnika, zaradi stalne lege na zobni kroni pa za razločevanje levih in desnih zgornjih kočnikov (19). Zaradi pogostnostnih razlik med populacijami ga v forenzičnih in antropoloških analizah skeletnih najdb uporabljajo pri določitvi etničnega izvora posameznika (20). CZ ima tudi širši biološki vidik, saj lahko na temelju njegovih pojavnih oblik pojasnujemo številne biološke pojave – od razvojnih zakonitosti zob do gibanj prebivalstva. CZ kljub številnim raziskavam še vedno ni v celoti razjasnjen. Prav tako niso razjasnjene njegove implikacije, zato se raziskave nadaljujejo in podatki zbirajo iz vse več populacij.

V tej raziskavi smo uporabili mavčne modele zobnih lokov otrok in prve zgornje stalne kočnike iz zbirke izdrtih zob. Najprej smo z ASUDAS določili izraženost CZ na ZSP vseh zgornjih mlečnih in stalnih kočnikov. Nato smo izdrte zobe prerezali in z mikroskopskim pregledom določili izraženost znaka na SDM. Prvi namen raziskave je bil ugotoviti pogostnost in izraženost CZ na zgornjih mlečnih ter stalnih kočnikih, drugi pa primerjati izraženost CZ na SDM in ZSP izdrtih zob.



Slika 1. Kariozna sprememba (puščica) na mestu Carabellijeve jamice na levem (A) in desnem (B) drugem zgornjem mlečnem kočniku pri 11-letnem dečku. Kariozna fisura (puščica) med velikim Carabellijevim vrškom in meziopalatinalnim vrškom desnega prvega zgornjega stalnega kočnika pri 45-letnem pacientu (C). Slike so bile posnete z ogledalom.

METODE

Določanje Carabellijevega znaka na mavčnih modelih zobnih lokov

Uporabili smo mavčne modele zgornjih zobnih lokov 267 otrok (132 dečkov in 135 deklic) iz Slovenije, ki so bili pred tem vključeni v dolgoročno raziskavo morfoloških in funkcionalnih značilnosti obraznoustnega predela (21). Zasnova predhodne raziskave zagotavlja, da je vzorec reprezentativen za slovensko populacijo. Pri vsakem otroku so v starostnem obdobju 3–12 let vsako leto na osnovi alginatnega odtisa izdelali mavčna modela zobnih lokov.

Prvi avtor je ugotavljal prisotnost in izraženost CZ na drugih mlečnih kočnikih ter prvih in drugih stalnih kočnikih, tretji stalni kočniki pa v obravnavanem starostnem obdobju še niso izrastli. Pregledal je



Slika 2. Mavčna ploščica Zobnoantropološkega sistema Državne univerze v Arizoni (Arizona State University Dental Anthropology System, ASUDAS), s prikazom posameznih stopenj izraženosti Carabellijevega znaka (CZ).

zgornje kočnike na vseh mavčnih modelih posameznega otroka. Za določanje CZ je uporabil ASUDAS, ki njegovo izraženost razvršča v osem vrstilnih stopenj (15):

- 0 – odsotnost znaka,
- 1 – enojna brazda,
- 2 – jamica,
- 3 – plitke brazde v obliki črke Y,
- 4 – globoke brazde v obliki črke Y,
- 5 – izbočenje, ki se z distalnim delom ne dotika palatinalne fisure,
- 6 – vršek s priraslo konico, ki se z distalnim delom dotika palatinalne fisure, ali
- 7 – velik vršek s prosto konico.

Stopnje 1–4 ustrezajo negativni (vdolbina-sti) obliki CZ, stopnje 5–7 pa pozitivni (izboklinasti) obliki CZ. Pri določanju je poleg opisnih meril uporabljal referenčno mavčno ploščico, ki prikazuje zobne krone prvih zgornjih stalnih kočnikov z vsemi osmimi stopnjami izraženosti znaka (slika 2). Mavčne modele je opazoval pri dobri osvetlitvi pod lupo s šestkratno povečavo. CZ je določal le pri zgornjih kočnikih z nepoškodovano (brez napredovale kariozne lezije ali plombe) in natančno odtisnjeno (brez artefaktov) palatinalno ploskvijo meziopalatinalnega vrška.

Ponovljivost določanja Carabellijevega znaka na mavčnih modelih zobnih lokov

Na mavčnih modelih zgornjih zobnih lokov 60 naključno izbranih otrok (22 % v raziskavo vključenih otrok) je tudi vodilni avtor neodvisno določil CZ na drugih mlečnih in prvih stalnih kočnikih. Drugih stalnih kočnikov zaradi majhnega števila nismo vključili v analizo. Rezultati primerjave ocen obeh ocenjevalcev so prikazani v tabeli 1. Podatke smo nato združili v tri kategorije: odsotnost znaka (stopnja 0), negativna oblika znaka (stopnje 1–4) in pozitivna oblika znaka (stopnje 5–7). Po združitvi sta se oceni obeh ocenjevalcev ujemale pri 69,6 % (78/112) drugih mlečnih kočnikov in 76,0 % (76/100) prvih stalnih kočnikov.

Tabela 1. Ponovljivost dveh ocenjevalcev pri določanju Carabellijevega znaka (CZ) z uporabo osemstopenjske lestvice Zobnoantropološkega sistema Državne univerze v Arizoni. N – skupno število zob, pri katerih sta znak določila oba ocenjevalca, n – število zob, pri katerih sta bili njuni oceni skladni ali je bila med njima opredeljena razlika, ASUDAS – Zobnoantropološki sistem Državne univerze v Arizoni (Arizona State University Dental Anthropology System, ASUDAS).

Zgornji kočnik	N	Razlika med ocenama po ASUDAS						Skladni oceni prisotnosti/odsotnosti znaka	
		0		≤ 1		> 1		n	%
		n	%	n	%	n	%		
Drugi mlečni	112	56	50,0	81	72,3	31	27,7	101	90,2
Prvi stalni	100	59	59,0	78	78,0	22	22,0	89	89,0

Določanje Carabellijevega znaka na izdrtih prvih zgornjih stalnih kočnikih

Iz zbirke izdrtih zob smo vzeli 11 prvih zgornjih stalnih kočnikov. Izraženost CZ na ZSP smo določili z ASUDAS, nato smo z diamantno separirko odrezali korenine pod koreninskim razcepiščem in zobne krone prerezali vzdolžno v bukopalatalni smeri na sredini CZ, zobno krono brez CZ pa na ustreznem mestu meziopalatalnega vrška. Prerezane dele zob smo vložili v umetno smolo Epofix (Struers, Kopenhagen, Danska) ter zgladili z brusnimi papirji in diamantno gladilno pasto. Izraženost CZ na SDM smo določali s svetlobnim mikroskopom (Olympus SZ61, Tokio, Japonska) pri odbiti svetlobi.

Statistična analiza

Analizirali smo rezultate določanja izraženosti CZ na mavčnih modelih zobnih lokov. Za statistično enoto smo vzeli zob (zobni način) (22). Pogostnost posameznih stopenj izraženosti CZ smo prikazali s frekvencami in odstotki. Tako kot Townsend in Brown smo statistično analizirali stopnje izraženosti CZ, združene v prej opredeljene tri kategorije, saj je bila ponovljivost določanja znaka pri tem načinu večja: odsotnost znaka (stopnja 0), negativna oblika znaka (stopnje 1–4) in pozitivna oblika znaka (stopnje 5–7) (5). Za določitev statistične značilnosti razlik med spoloma in med vrstami zgornjih kočnikov

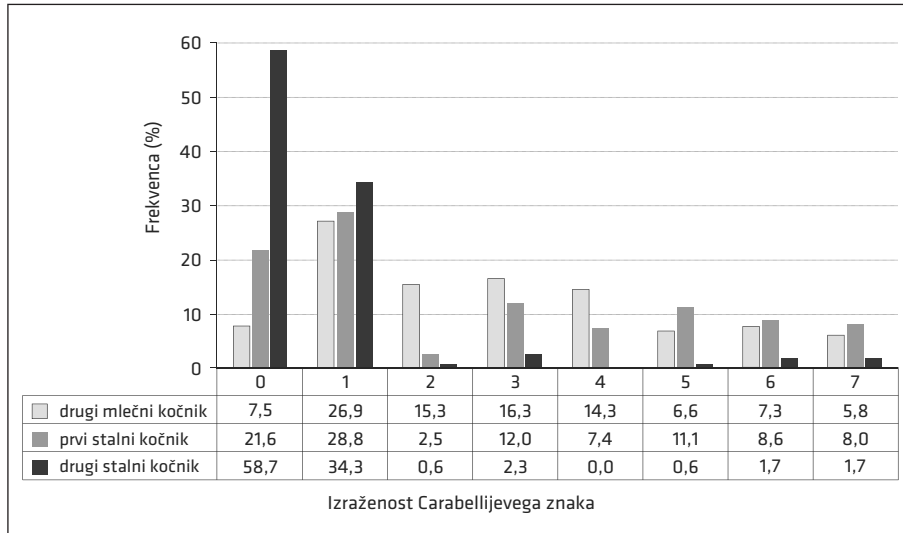
smo uporabili test χ^2 pri dveh prostostnih stopnjah. Stopnja statistične značilnosti je bila določena s 5-odstotno stopnjo tveganja ($p < 0,05$). Statistični izračuni so bili narejeni s programskim paketom IBM® SPSS® Statistics v. 23.0.

REZULTATI Pogostnost in izraženost Carabellijevega znaka na zunanji skleninski površini zgornjih mlečnih in stalnih kočnikov

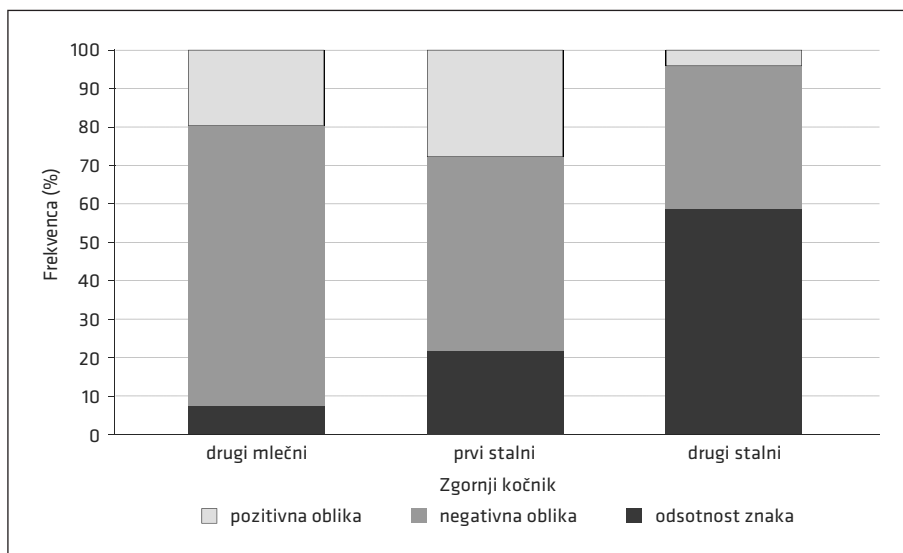
Prisotnost in izraženost CZ smo ugotavljali pri 412 drugih zgornjih mlečnih kočnikih, 476 prvih zgornjih stalnih kočnikih in 172 drugih zgornjih stalnih kočnikih. Razlogi za izključitev nekaterih zob iz ocenjevanja znaka so bili slaba kakovost odtisa, plomba ali napredovala kariozna sprememba, segajoča v predel pojavljanja CZ, ter, zlasti pri drugih stalnih kočnikih, neizraslost zoba. Znak je bil prisoten pri 381 drugih mlečnih kočnikih (92,5%), 373 prvih stalnih kočnikih (78,4%) in 71 drugih stalnih kočnikih (41,3%). Pogostnostne razlike med vrstami zgornjih kočnikov so bile statistično značilne ($p < 0,0001$). Slika 3 prikazuje pogostnost posameznih stopenj izraženosti CZ na mlečnih in stalnih zgornjih kočnikih. Pri nobeni vrsti zgornjega kočnika nismo ugotovili statistično značilne povezave med pojavljanjem CZ in spolom (tabela 2). Pozitivno obliko CZ smo ugotovili pri 81 drugih mlečnih kočnikih (19,7%), 132 prvih stalnih kočnikih

(27,7%) in 7 drugih stalnih kočnikovih (4,1%) (slika 4). Vrste zgornjih kočnikov so se med seboj statistično razlikovale glede pogost-

nosti pozitivne oblike znaka, tudi ob upoštevanju Bonferronijevega popravka za večkratne teste ($p < 0,017$).



Slika 3. Pogostnost posameznih stopenj izraženosti Carabellijevega znaka (CZ) na zgornjih mlečnih in stalnih kočnikovih. Stopnje izraženosti CZ po razvrstitvi Zobnoantropološkega sistema Državne univerze v Arizoni (Arizona State University Dental Anthropology System, ASUDAS): 0 – odsotnost znaka, 1 – enojna brazda, 2 – jamica, 3 – plitke brazde v obliki črke Y, 4 – globoke brazde v obliki črke Y, 5 – izbočenje, ki se z distalnim delom ne dotika palatinalne fisure, 6 – vršek s priraslo konico, ki se z distalnim delom dotika palatinalne fisure, 7 – velik vršek s prosto konico.



Slika 4. Grafični prikaz izraženosti Carabellijevega znaka (CZ) na zgornjih mlečnih in stalnih kočnikovih (tri kategorije izraženosti znaka, združeni podatki za oba spola).

Tabela 2. Izraženost Carabellijevega znaka (CZ) pri dečkih in deklicah (tri kategorije izraženosti znaka). D – desna, L – leva, M – moški, Ž – ženski, N – število vseh analiziranih zob, n – število zob.

Zgornji kočnik	Stran	Spol	N	Carabellijev znak						χ^2	p			
				Odsoten			Negativna oblika					Pozitivna oblika		
				n	%	n	%	n	%			n	%	n
Drugi mlečni	D	M	105	5	4,8	82	78,1	18	17,1	1,699	0,428			
		Ž	102	8	7,8	72	70,6	22	21,6					
		M in Ž	207	13	6,3	154	74,4	40	19,3					
	L	M	100	10	10,0	71	71,0	19	19,0	0,430	0,807			
		Ž	105	8	7,6	75	71,4	22	21,0					
		M in Ž	205	18	8,8	146	71,2	41	20,0					
Prvi stalni	D	M	115	22	19,1	54	47,0	39	33,9	3,823	0,148			
		Ž	122	31	25,4	63	51,6	28	23,0					
		M in Ž	237	53	22,4	117	49,4	67	28,3					
	L	M	114	22	19,3	56	49,1	36	31,6	2,133	0,344			
		Ž	125	28	22,4	68	54,4	29	23,2					
		M in Ž	239	50	20,9	124	51,9	65	27,2					
Drugi stalni	D	M	33	16	48,5	15	45,5	2	6,1	1,173	0,556			
		Ž	50	28	56,0	21	42,0	1	2,0					
		M in Ž	83	44	53,0	36	43,4	3	3,6					
	L	M	40	27	67,5	11	27,5	2	5,0	0,539	0,764			
		Ž	49	30	61,2	17	34,7	2	4,1					
		M in Ž	89	57	64,0	28	31,5	4	4,5					

Izraženost Carabellijevega znaka na zunanji skleninski površini in skleninsko-dentinski meji prvih zgornjih stalnih kočnikov

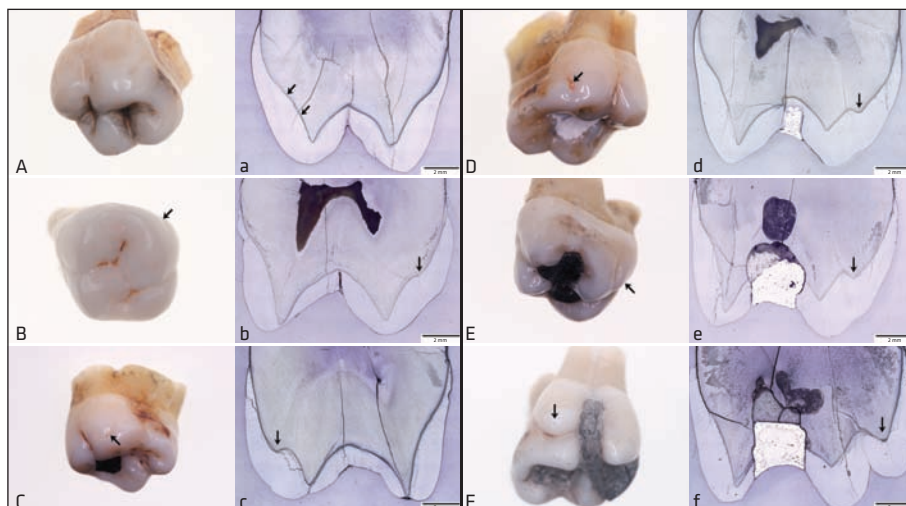
Pri prvem zgornjem stalnem kočniku brez CZ na ZSP (slika 5A) je bila SDM ravna (slika 5a). Pri preostalih desetih kočnikih je bil, ne glede na obliko znaka na ZSP, na SDM izražen dentinski vršek. Pet zob s CZ je prikazanih na slikah 5B–5F, njihovi prerezi pa na slikah 5b–5f. V treh primerih je bila šibka izraženost znaka na ZSP v neso-razmerju z izrazitim dentinskim vrškom (tabela 3). Dva od teh zob sta prikazana na slikah 5C in 5D, njuna prereza pa na slikah 5c in 5d.

RAZPRAVA

Pri živečih populacijah lahko CZ določamo s pregledom ustne votline, na izdrtih zobeh in na mavčnih modelih zobnih lokov (6, 11, 22–29). Drugi in tretji način sta ustrežnejša od prvega, ker omogočata opazovanje zob pri boljši osvetlitvi, daljši čas in iz različnih zornih kotov. Dodatna prednost uporabe

modelov je, da se svetloba od mavca odbija slabše kakor od sklenine naravnega zoba, kar olajša določanje šibko izraženih oblik CZ, zlasti enojne brazde (30). Avtorji, ki so CZ določali s pregledom ustne votline, so pričakovano ugotovili manjšo pogostnost znaka kakor tisti, ki so uporabili mavčne modele ali izdrte zobe. V prvem delu raziskave smo CZ določali na mavčnih modelih zobnih lokov otrok z mednarodno uveljavljeno razvrstitvijo ASUDAS, v drugem delu smo na prerezih izdrtih zob s svetlobnim mikroskopom ugotavljali izraženost CZ na SDM.

Ocenjevanje prisotnosti in izraženosti zobnih znakov s standardiziranimi lestvicami, kakršne sestavljajo ASUDAS, je deloma subjektivno, zato je ugotavljanje ponovljivosti določanja znaka pomembna sestavina vsake tovrstne raziskave (31). Dosedanje raziskave so pokazale, da je ocenjevanje prisotnosti in izraženosti CZ zahtevna naloga. Kljub temu so naši izsledki primerljivi z izsledki dveh raziskav, s katerima so sistematično ovrednotili ponovljivost



Slika 5. Fotografije šestih izdrtih prvih zgornjih stalnih kočnikov (A–F) in njihovih buccopalatalnih vzdolžnih prerezov na mestu Carabellijevega znaka (CZ) (a–f). En kočnik na zunanji skleninski površini (ZSP) nima CZ (A), na preostalih je izražen kot enojna brazda (B, C), jamica (D), izbočenje (E) in velik vršek (F). Puščice označujejo CZ na ZSP, na prerezih pa dentinski vršek oz. ravno skleninsko-dentinsko mejo (SDM) pri kočniku brez CZ na ZSP.

Tabela 3. Izraženost Carabellijevega znaka (CZ) na zunanji skleninski površini (ZSP) in skleninsko-dentinski meji (SDM) 11 izdrtih prvih zgornjih stalnih kočnikov. Stopnje izraženosti CZ na ZSP: 0 – odsotnost znaka, 1 – enojna brazda, 2 – jamica, 3 – plitke brazde v obliki črke Y, 4 – globoke brazde v obliki črke Y, 5 – izbočenje, ki se z distalnim delom ne dotika palatinalne fisure, 6 – vršek s priraslo konico, ki se z distalnim delom dotika palatinalne fisure, 7 – velik vršek s prosto konico. Stopnje izraženosti CZ na SDM: 0 – ravna skleninsko-dentinska meja, 1 – majhen dentinski vršek, 2 – srednje velik dentinski vršek, 3 – velik dentinski vršek. Pri zobeh, ki so izpisani krepko, je izraženost znaka na SDM nesorazmerno velika v primerjavi z izraženostjo znaka na ZSP. CZ – Carabellijev znak, ZSP – zunanja skleninska površina, SDM – skleninsko-dentinska meja.

Zob	Izraženost CZ		Slika 5
	ZSP	SDM	
26	0	0	A, a
26	1	2	C, c
16	1	1	
16	1	1	B, b
16	2	2	D, d
26	4	2	
16	5	2	E, e
16	6	2	
16	6	2	
16	7	3	F, f
26	7	3	

določanja oblikovnih znakov na stalnih zobeh (31, 32). V obeh so za določanje izraženosti CZ na prvih zgornjih stalnih kočnikih uporabili osemstopenjsko razvrstitev, ki je vključena v ASUDAS. Oceni enega ocenjevalca, ki je na istem vzorcu trikrat zapored določal CZ, sta bili skladni pri 48,4–70,1 % zob, oceni dveh ocenjevalcev pri 51,5–66,7 % zob, v naši raziskavi pri 59,0 % zob (tabela 1). Ob upoštevanju največ ene stopnje razlike sta bili oceni enega ocenjevalca skladni pri 75,7–93,4 % zob, oceni dveh ocenjevalcev pri 77,1–84,8 % zob, v naši raziskavi pri 78,0 % zob (tabela 1). En ocenjevalec je enako določil prisotnost oz. odsotnost znaka pri 84,2–94,9 % zob, dva ocenjevalca pri 82,9–91,4 % zob, v naši raziskavi pri 89,0 % zob (tabela 1). O ponovljivosti določanja oblikovnih znakov na mlečnih zobeh v literaturi ni podatkov. V naši raziskavi je bila pri drugih mlečnih kočnikih za nekaj odstotkov manjša kot pri

prvih stalnih kočnikih, kar je verjetno posledica večje zahtevnosti določanja znaka na manjših zobnih kronah mlečnih zob. Ker smo v raziskavi uporabili mednarodno uveljavljen standard za oceno CZ, velik reprezentativen vzorec (mavčni modeli 267 otrok) in je bila ponovljivost določanja znaka primerljiva z drugimi raziskavami, menimo, da so pridobljeni podatki zanesljivi in uporabni pri načrtovanju kliničnega dela in medpopulacijskih primerjavah.

Populacije primerjamo po pogostnosti in izraženosti CZ na prvem stalnem kočniku, ker dobro odraža genotipski potencial posameznika (15). V tej raziskavi je bila pogostnost CZ na prvih zgornjih stalnih kočnikih 78,4 %, pogostnost pozitivnih oblik znaka 27,7 %. V prejšnji raziskavi smo ugotovili primerljivo pogostnost CZ pri današnji (79,7 %) in srednjeveški populaciji (75,8 %) na ozemlju Slovenije (33). Desetletja je CZ veljal za diagnostično značilnost

zobovja Evropejcev, danes pa vemo, da se pogosto pojavlja tudi pri nekaterih drugih populacijah. Značilnost evropskih populacij je kombinacija velike pogostnosti znaka (75–85 %) in velike pogostnosti pozitivne oblike znaka (25–30 %) (22). Pri ameriških staroselcih je CZ prav tako zelo pogost (65%), vendar se redko pojavi v pozitivni obliki (5%), pri pacifiških populacijah se pojavlja razmeroma redko (45%), pogostnost pozitivne oblike pa je le malo manjša kot pri evropskih populacijah (15–25 %) (22). Na spodnji meji svetovnega razpona so Eskimi Aleuti z najmanjšo pogostnostjo vseh oblik CZ (34).

V tej raziskavi smo največjo pogostnost CZ ugotovili pri drugem zgornjem mlečnem kočniku (92,5%), najmanjšo pri drugem zgornjem stalnem kočniku (41,3%). Tudi drugi avtorji poročajo, da se pogostnost CZ zmanjšuje v distalni smeri, od drugega mlečnega do tretjega stalnega kočnika (27, 29). To zaporedje potrjuje razvojno istovetnost mlečnih zob in stalnih kočnikov. Zadnji se razvijajo kot podaljšek mlečne zobne vrste, zato razvojno spadajo k mlečnemu zobovju (35). Skladno z drugimi raziskavami smo ugotovili, da je pogostnost pozitivne oblike CZ večja pri prvem stalnem (27,7%) kakor pri drugem mlečnem kočniku (19,7%), čeprav je pogostnost znaka na drugem mlečnem kočniku večja kakor na prvem stalnem (29). Ugotovljena odsotnost pozitivne povezave med pogostnostjo in izraženostjo je posebnost CZ, ki bi lahko bila odraz delovanja gena z dominantnim učinkom ali epigenetskih dejavnikov med razvojem zoba (36).

Raziskava je pokazala, da se pri prebivalstvu Slovenije CZ na prvem zgornjem stalnem kočniku v približno 2/3 primerov pojavi v negativni obliki in v približno 1/3 primerov v pozitivni obliki. Od vseh stopenj izraženosti je najmanj pogostna stopnja 2 ali Carabellijeva jamica (2,5%), ki je na tem zobu razmeroma redka tudi pri drugih populacijah, le pri Afričanih, ameriških staro-

selcih in Eskimih Aleutih njena pogostnost presega 10 % (22). Naša raziskava je pokazala, da se jamica bistveno pogosteje pojavlja na drugem zgornjem mlečnem kočniku (15,3%), kar je klinično pomemben podatek, ker je ta oblika CZ izrazito predilekcijsko mesto za karies (sliki 1A in 1B). Druga taka oblika je zaradi pridružene fisure velik Carabellijev vršek (slika 1C), za katerega smo ugotovili, da se približno enako pogosto pojavlja na drugih mlečnih (5,8%) in prvih stalnih kočnikih (8,0%). Tudi po pogostnosti velikega Carabellijevega vrška se Evropejci uvrščamo v svetovni vrh (22). Omenjeni obliki CZ se morda pojavljata še nekoliko pogosteje, kakor kaže naša raziskava, ker sta posredno, kot dejavnika tveganja za razvoj kariozne lezije, verjetno prispevali k izključitvi nekaterih zob iz ocenjevanja znaka.

Glede razlik po spolu se izsledki raziskav CZ razlikujejo, kar je po eni strani posledica dejanskih razlik med populacijami, po drugi strani pa posledica metodoloških razlik med raziskavami (37). Pri slovenskih otrocih razlik po spolu nismo ugotovili ne pri mlečnih ne pri stalnih zgornjih kočnikih, kar se ujema z večino raziskav (6, 11, 22, 38–45). Spolno dvočlnost so ugotovili le pri nekaterih populacijah, kjer se kaže kot večja pogostnost in izraženost znaka na prvem stalnem kočniku pri moških (5, 26, 37, 46–48). Pri drugem mlečnem kočniku razlik med spoloma niso ugotovili niti pri teh populacijah, kar naj bi bila posledica krajšega razvoja drugega mlečnega kočnika v primerjavi s prvim stalnim (5). Poleg tega obstaja pozitivna povezava med izraženostjo CZ in velikostjo zobne krone, zato lahko njegovo spolno dvočlnost deloma pojasnimo z razliko v velikosti zobnih kron med spoloma, ki je pri stalnem zobovju večja kot pri mlečnem (37).

Večina oblikovnih znakov zobne krone začne nastajati na razvojni ločnici med zobnim ektodermom in ektomezenhimom, ki je pri izoblikovanem zobu SDM (49). Zasnova

CZ na ravni SDM nastane ob koncu obdobja zvona – pred diferenciacijo ameloblastov in odontoblastov, zunanjo obliko znaka pa določi amelogeneza, pri stalnih kočnikih nekaj let pred prodorom zoba v ustno votlino (50). Izraženost CZ na ZSP tako določata oblika SDM in debelina sklenine, ki je verjetno genetsko določena. CZ, z izjemo velikega vrška, nima lastnega mineralizacijskega središča, temveč mineralizira kot sestavni del meziopalatinalnega vrška (51). Oblika in globina fisure med velikim Carabellijevim vrškom in meziopalatinalnim vrškom sta podobno kot pri fisuri na grizni ploskvi močno odvisni od razdalje med obema mineralizacijskima središčema (52). Korenhof je že okrog leta 1960 pregledoval notranjo in zunanjo površino skleninskih čepic zgornjih stalnih kočnikov in ugotovil primere neskladij med izraženostjo CZ na obeh površinah (3). V novejšem času se za tovrstne analize uporablja mikroračunalniška tomografija (μ CT), ki omogoča trirazsežni prikaz dentinske površine zoba po navidezni odstranitvi sklenine (50). Te analize so pokazale, da ima CZ tudi na SDM polzvezne lastnosti: ni vedno prisoten, kadar pa je, se pojavlja v istih oblikovnih različicah kakor na ZSP. Tudi za določanje njegove izraženosti na SDM so zato lahko uporabili ASUDAS. V dobri polovici primerov je bila stopnja izraženosti CZ na obeh površinah enaka, v preostalih primerih je bil znak bolj izražen na SDM, vendar največkrat le za eno stopnjo. Tudi pri mikroskopskem pregledu prereзов izdrtih zob

smo ugotovili primere neusklajenosti, pri katerih je bila izraženost CZ šibkejša na ZSP kakor na SDM.

Raziskava na mavčnih modelih reprezentativnega vzorca 267 otrok iz Slovenije je pokazala, da ima CZ približno 90 % drugih zgornjih mlečnih kočnikov, 80 % prvih zgornjih stalnih kočnikov in 40 % drugih zgornjih stalnih kočnikov. Pozitivna oblika znaka (izbočenje ali vršek) je prisotna pri približno 30 % prvih zgornjih stalnih kočnikov, 20 % drugih zgornjih mlečnih kočnikov in 5 % drugih zgornjih stalnih kočnikov. Razlik po spolu nismo ugotovili ne pri mlečnih ne pri stalnih zgornjih kočnikih, kar se ujema z večino raziskav. Ugotovljena kombinacija velike pogostnosti znaka in velike pogostnosti pozitivne oblike znaka pri drugem mlečnem kočniku ter prvem stalnem kočniku je značilna tudi za druge evropske populacije. Raziskava je pokazala, da se Carabellijeva jamica, ki je izrazito predilekcijsko mesto za karies, na drugih mlečnih kočnikih pojavlja s približno 15-odstotno pogostnostjo, na prvih in drugih stalnih kočnikih pa redko. Druga taka oblika je zaradi pridružene fisure velik Carabellijev vršek, ki se s približno 5-odstotno pogostnostjo pojavlja na drugih mlečnih kočnikih, s približno 10-odstotno pogostnostjo na prvih stalnih kočnikih, na drugih stalnih kočnikih pa redko. S svetlobnomikroskopskim pregledom prereзов 11 izdrtih prvih zgornjih stalnih kočnikov smo ugotovili, da je v nekaterih primerih izraženost CZ na ZSP šibkejša kakor na SDM.

LITERATURA

1. Carlsen O. Carabelli's structure on the human maxillary deciduous first molar. *Acta Odontol Scand.* 1968; 26 (5): 395–408.
2. Kraus BS. Occurrence of the Carabelli trait in southwest ethnic groups. *Am J Phys Anthropol.* 1959; 17 (2): 117–23.
3. Korenhof CAW. Morphogenetical aspects of the human upper molar: A comparative study of its enamel and dentine surfaces and their relationship to the crown pattern of fossil and recent primates. Utrecht: Uitgeversmaatschappij, Neerlandia; 1960.
4. Hillson S. Dental anthropology. Cambridge: Cambridge University Press; 1996.
5. Townsend GC, Brown T. The Carabelli trait in Australian aboriginal dentition. *Arch Oral Biol.* 1981; 26 (10): 809–14.
6. Kieser JA. An analysis of the Carabelli trait in the mixed deciduous and permanent human dentition. *Arch Oral Biol.* 1984; 29 (6): 403–6.
7. Kraus BS. Carabelli's anomaly of the maxillary molar teeth; Observations on Mexicans and Papago Indians and an interpretation of the inheritance. *Am J Hum Genet.* 1951; 3 (4): 348–55.
8. Jorgensen KD. The deciduous dentition: A descriptive and comparative anatomical study. *Acta Odontol Scand.* 1956; 14: 1–202.
9. Dietz VH. A common dental morphotropic factor the Carabelli cusp. *J Am Dent Assoc.* 1944; 31 (11): 784–9.
10. Goose DH, Lee GT. The mode of inheritance of Carabelli's trait. *Hum Biol.* 1971; 43 (1): 64–9.
11. Alvesalo L, Nuutila M, Portin P. The cusp of Carabelli. Occurrence in first upper molars and evaluation of its heritability. *Acta Odontol Scand.* 1975; 33 (4): 191–7.
12. Shapiro MMJ. The anatomy and morphology of the tubercle of Carabelli. *J Dent Assoc S Afr.* 1949; 4: 355–62.
13. Dahlberg AA. Analysis of the American Indian dentition. In: Brothwell DR, ed. *Dental Anthropology*. London: Pergamon; 1963. p. 149–77.
14. Kieser JA, Van der Merwe CA. Classificatory reliability of the Carabelli trait in man. *Arch Oral Biol.* 1984; 29 (10): 795–801.
15. Turner CG, Nichol CR, Scott GR. Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: The Arizona State University dental anthropology system. In: Kelley MA, Larsen CS, eds. *Advances in dental anthropology*. New York: Wiley-Liss; 1991. p. 13–31.
16. Koh KSB, Toh V, O'Donnell M, et al. A complex adaptive system in which environmental stress affects gene expression during development. *Int J Des Nat Ecodyn.* 2016; 11: 686–95.
17. Paul KS, Astorino CM, Bailey SE. The patterning cascade model and Carabelli's trait expression in metameres of the mixed human dentition: Exploring a morphogenetic model. *Am J Phys Anthropol.* 2017; 162 (1): 3–18.
18. Schuur A. Pathology of the hard dental tissues. Chichester: John Wiley & Sons; 2013.
19. Scheid RC, Woelfel JB. *Dental anatomy: Its relevance to dentistry*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
20. Scott GR, Pilloud M, Navega D, et al. rASUDAS: A new web-based application for estimating ancestry from tooth morphology. *Forensic Anthropology.* 2018; 1: 18–31.
21. Ovsenik M, Farčnik FM, Korpar M, et al. Follow-up study of functional and morphological malocclusion trait changes from 3 to 12 years of age. *Eur J Orthod.* 2007; 29 (5): 523–9.
22. Scott GR. Population variation of Carabelli's trait. *Hum Biol.* 1980; 52 (1): 63–78.
23. El-Nofely A. Some observations on the dentition of an isolated group in northeast Poland. *Am J Phys Anthropol.* 1976; 44 (1): 123–6.
24. Konjhdžić H. Incidence of Carabelli's cusp on upper molars in Yugoslavia and in several other populations. *Stomatol Vjesn.* 1982; 11 (2): 27–31.
25. Njemirovskij V. Carabelli's trait in the population of Zagreb. *Acta Stomatol Croat.* 1984; 18 (1): 31–42.
26. Lewis R, Mountford D, Collins V, et al. Palatal invaginations in incisors and the presence of cusps of Carabelli. *J Pedod.* 1984; 8 (3): 285–92.
27. Bolk L. Das Carabellische Höckerchen. *Schweiz Vjschr Zahn.* 1915; 25: 81–104.
28. Marković M, Kravić K. Tubercle of Carabelli. *Stomatol Glas Srb.* 1969; 16 (4): 262–73.
29. Saunders SR, Mayhall JT. Developmental patterns of human dental morphological traits. *Arch Oral Biol.* 1982; 27 (1): 45–9.
30. Scott GR, Irish JD. *Human tooth crown and root morphology: The Arizona State University dental anthropology system*. Cambridge: Cambridge University Press; 2017.

31. Marado LM. Dental nonmetric trait intraobserver precision: Three observations of a large sample. *Anthropol Anz.* 2017; 74 (1): 15–23.
32. Nichol CR, Turner CG. Intra- and interobserver concordance in classifying dental morphology. *Am J Phys Anthropol.* 1986; 69 (3): 299–315.
33. Štamfelj I, Štefancič M, Gašperšič D, et al. Carabelli's trait in contemporary Slovenes and inhabitants of a medieval settlement (Središče by the Drava River). *Coll Antropol.* 2006; 30 (2): 421–8.
34. Scott GR. The Eskimo-Aleut dentition: Crown and root morphology. *Acta Stomatol Croat.* 2020; 54 (2): 194–207.
35. Gašperšič D, Košir N, Jevnikar N. Razvoj obraza, ustne votline in zobnega organa. Ljubljana: Medicinska fakulteta; 2002.
36. Scott GR, Turner CG, Townsend GC, et al. The anthropology of modern human teeth. Dental morphology and its variation in recent and fossil *Homo sapiens*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2018.
37. Noss JF, Scott GR, Potter RH, et al. The influence of crown size dimorphism on sex differences in the Carabelli trait and the canine distal accessory ridge in man. *Arch Oral Biol.* 1983; 28 (6): 527–30.
38. Lombardi AV. Tooth size associations of three morphologic dental traits in a Melanesian population. *J Dent Res.* 1975; 54 (2): 239–43.
39. Hershey S. Morphology of the Wainwright Eskimo dentition: Carabelli's structures. *Ossa.* 1979; 6: 115–24.
40. Scott GR. Association between the hypocone and Carabelli's trait of the maxillary molars. *J Dent Res.* 1979; 58 (4): 1403–4.
41. Turner CG. Dental anthropological indications of agriculture among the Jomon people of central Japan. X. Peopling of the Pacific. *Am J Phys Anthropol.* 1979; 51 (4): 619–35.
42. Thomas CJ, Kotze TJ, Nash JM. The Carabelli trait in the mixed deciduous and permanent dentitions of five South African populations. *Arch Oral Biol.* 1986; 31 (3): 145–7.
43. Bermúdez De Castro JM. The Carabelli trait in human prehistoric populations of the Canary Islands. *Hum Biol.* 1989; 61 (1): 117–31.
44. Townsend GC, Martin NG. Fitting genetic models to Carabelli trait data in South Australian twins. *J Dent Res.* 1992; 71 (2): 403–9.
45. Vodanović M, Zukanović A, Galić I, et al. Carabelli's trait in Croatian populations over 1800 years. *Homo.* 2013; 64 (4): 273–85.
46. Hsu JW, Tsai PL, Hsiao TH, et al. The effect of shovel trait on Carabelli's trait in Taiwan Chinese and Aboriginal populations. *J Forensic Sci.* 1997; 42 (5): 802–6.
47. Joshi MR. Carabelli's trait on maxillary second deciduous molars and first permanent molars in Hindus. *Arch Oral Biol.* 1975; 20 (10): 699–700.
48. Kirveskari P. Morphological traits in the permanent dentition of living Skolt Lapps. *Proc Finn Dent Soc.* 1974; 70 (Suppl 1–3): 3–90.
49. Selig KR, López-Torres S, Sargis EJ, et al. First 3D dental topographic analysis of the enamel-dentine junction in non-primate Euarchontans: Contribution of the enamel-dentine junction to molar morphology. *J Mammal Evol.* 2019; 26 (4): 587–98.
50. Ortiz A, Skinner MM, Bailey SE, et al. Carabelli's trait revisited: An examination of mesiolingual features at the enamel-dentine junction and enamel surface of *Pan* and *Homo sapiens* upper molars. *J Hum Evol.* 2012; 63 (4): 586–96.
51. Kraus BS, Jordan RE. The human dentition before birth. Philadelphia: Lea & Febiger; 1965.
52. Awazawa Y, Hayashi K, Kiba H, et al. Patho-morphological study of the supplemental groove. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol.* 1989; 32 (3): 145–56.