

Sveučilište u Zagrebu

Veterinarski fakultet

Toni Maleš

Postnatalno srašćavanje kostiju glave dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) iz
Jadranskog mora

Zagreb, 2019.

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta u Zagrebu pod voditeljstvom izv. prof. dr. sc. Martine Đuras i uz pomoć asistentice Kim Korpes, dr. med. vet. i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2018./2019.

SADRŽAJ RADA

UVOD	1
HIPOTEZA I CILJEVI RADA	4
MATERIJAL I METODE	5
REZULTATI	9
RASPRAVA	18
ZAKLJUČCI	20
ZAHVALE	21
POPIS LITERATURE	22
SAŽETAK	24
SUMMARY	25
ŽIVOTOPIS	26

UVOD

Jadransko more nastanjuje populacija dobrih dupina (*Tursiops truncatus*) koja se smatra ugroženom i zakonom je zaštićena (ĐURAS i sur., 2014). Dobri dupin je vrsta iz reda kitova zubana koja nastanjuje sva svjetska mora, a pojedine populacije razlikuju se prema zemljopisnoj rasprostranjenosti, veličini, morfologiji lubanje, prehrani i parazitima koje nose (MEAD i POTTER, 1990.). U Jadranskome moru živi samo jedan morfološki tip dobrog dupina čije odrasle jedinke dosežu prosječnu tjelesnu duljinu od 271 cm u ženki i 280 cm u mužjaka (ĐURAS i sur., 2014).

U istraživanju divljih, a posebno zaštićenih životinja važnu ulogu imaju koštani ostaci. U nekim slučajevima kosti su jedini materijal koji je dostupan nakon uginuća jedinke u prirodi, a predstavlja važan izvor informacija osobito kada se radi o rijetkim vrstama. Naime, kosti nose važne informacije o morfologiji vrste i ukazuju na populacijske razlike. U nekih vrsta ukazuju na spol jedinke, a stupanj okoštavanja govori o dobnoj kategoriji životinje. Kosti predstavljaju i izvor DNK za molekularna istraživanja. Kosturi rijetkih i zaštićenih životinja često budu pronađeni u prirodi necjeloviti. Najvrjednijim dijelom kostura za osteološka istraživanja smatra se lubanja. Njena morfologija je presudna za donošenje zaključaka o biološkim karakteristikama jedinke kao što su, već prije spomenuta, vrsta, populacija, spol i dob.

Usljed prilagodbe životu u vodi kitovi su prošli brojne morfološke promjene tijekom evolucije. Prilagodbe kostura uključuju: teleskopski oblik lubanje, modifikaciju prsnog uda u peraju i gubitak zdjelčnih udova s istovremenim razvojem repne kralježnice u moćan aparat za pokretanje. Lubanja kitova zubana je izrazito modificirana u odnosu na ostale sisavce: neke rostralne kosti glave potisnute su kaudalno, nosni otvori su položeni dorzalno i lubanja je asimetrična (COLBERT i sur., 2005).

„Teleskopski rast“ je pojam koji se često koristi u opisu lubanje kitova. On se odnosi na produljenje rostralnih kostiju i dorzorostralno pomicanje kaudalnih kostiju lubanje (ROMMEL, 1990). Takva promjena položaja kostiju lubanje u kitova dovela je do znatnog preklapanja nekih susjednih kostiju - čak četiri različite kosti se međusobno preklapaju. Ovo preklapanje podsjeća na sklopive teleskope. Vanjski nosni otvori su u kitova premješteni dorzalno na vrh lubanje, a nosne kosti su smještene kaudalno od ovih otvora i dorzalno u odnosu na mozak. Nosne šupljine

leže gotovo okomito. U ostalih sisavaca nosne kosti čine svod nosnih šupljina, a ne kaudalnu stijenkku kao u kitova. Nosne kosti su relativno male i leže u udubinama čeonih kostiju. Rostralni dijelovi sjekutične kosti i gornje čeljust su produljeni, dok su njihovi kaudalni dijelovi povučeni dorzalno i kaudalno preko čeonih kostiju. Svod usne šupljine kitova ne oblikuje dno nosne šupljine kao što je to slučaj u većine drugih sisavaca. Građa lubanje mnogo govori o organizmu te je vrlo važna u razumijevanju filogenetike i u opisu vrste (ROMMEL i sur., 2013).

Lubanja domaćih životinja sastoji se od moždanog dijela (*neurocranium*) i ličnog dijela (*viscerocranium*) (KÖNIG i LIEBICH, 2009). Pojedine kosti moždanog dijela pripadaju skupini nepravilnih kostiju i nastaju enhondralnim okoštavanjem za razliku od kostiju ličnog dijela koje su plosnate kosti i razvijaju se intramembranskim okoštavanjem.

Tijekom intramembranskog okoštavanja pojedine mezenhimske stanice diferenciraju se u osteoblaste koji proizvode neovapnjeli matriks nazvan osteoid. Osteoid naknadno okošta u gredice koje su okružene slojem osteoblasta. Područje stvaranja i zadebljanja koštanih gređica predstavlja centar okoštavanja. Na tom mjestu gređice su međusobno udružene u mrežastu tvorbu. Od mezenhimske stanice s obje strane centra okoštavanja, koji je pločastog oblika, razvit će se periost čiji će osteogeni sloj tvoriti ploču građenu od kompaktne koštane tvari, dok se između tih ploča razvija spužvasto koštano tkivo. Prema tome, tipične plosnate kosti, kakve grade lubanju u dobrog dupina, sastoje se od dva sloja kompaktnog koštanog tkiva porijeklom od periosta te sloja spužvastog koštanog tkiva između njih. Tako nastala tvorba zove se diploë (McGEADY i sur., 2014).

U mladih životinja i ljudi kosti glave spojene su šavovima (*suturæ capitæ*) i sinhondrozama koje tijekom života okoštavaju. Neki spojevi ne moraju nužno okoštati već ostaju kao stalni vezivnotkivni ili hrskavični spojevi koji omogućuju značajno pokretanje u nekih vrsta, kao npr. hrskavični spoj između lubanje i jezičnog aparat (DYCE i sur., 2010).

Šavovi su nepomični, vezivnotkivni ili koštani spojevi koji povezuju pojedine kosti lubanje (KÖNIG i LIEBICH, 2009). Tijekom razvoja šava mezenhimske stanice su smještene između krajeva kostiju, diferenciraju se u gusto vezivno tkivo i učvršćuju susjedne kosti jednu s drugom. Između kosti s ovakvim vezivnotkivnim spojevima mogući su minimalni pokreti. Starenjem, vezivno tkivo postupno zamijeni koštano tkivo (McGEADY i sur., 2014).

Važna uloga šavova u mladim životinjama je upravo rast lubanje kroz produljenje pojedinačnih kostiju na njihovim rubovima. Postupno okoštavanje šavova koje nastaje tijekom života jedinke koristi se u antropologiji i forenzičkoj medicini za procjenu dobi.

Na mjestima spajanja više od dvije kosti šavovi su prošireni i čine vezivnotkivne ploče koje se nazivaju fontanele. To su prirodene pukotine između kostiju svoda lubanje ispunjene vezivnim tkivom koje omogućuju lakši prolaz ploda kroz porođajni kanal. U ljudi, najveća je prednja fontanela koja se nalazi na mjestu spajanja dviju tjemenih s dvjema čeonima kostima. Važna uloga šavova i fontanela je u prilagođavanju veličine i oblika lubanje porođajnom kanalu. Upravo zbog šavova i fontanela kosti lubanje se tijekom poroda pomiču tako da dođe do njihovog djelomičnog preklapanja. Nakon poroda kosti ubrzo zauzmu prvobitne položaje te lubanja opet poprima okrugao oblik. Kasnije tijekom života se postupno zatvaraju i time doprinose čvrstoći i kompaktnosti lubanje (SADLER, 2008). Fontanele su u dobrog dupina primjećene čak i u dobi od pet godina (ĐURAS GOMERČIĆ, 2006).

Spoznaje o redoslijedu okoštavanja lubanje koriste se za procjenu starosti u porodica *Canidae*, *Phocidae*, *Odontoceridae* i *Otariidae*. Sraštavanje kostiju glave kitova prati određeni redoslijed koji je sličan drugim vrstama sisavaca. Tako je ustanovljeno da u kitova zubana šavovi neurokranija okoštaju prije zatvaranja rostralnih i nepčanih područja (PERRIN, 1975). U kitova usana rostralni šavovi glave ostaju otvoreni tijekom cijelog života jedinke. U vrijeme rođenja svi šavovi neurokranija kitova usana (s iznimkom zatiljnih kostiju) do nekog su stupnja okoštali (WALSH i BERTA, 2011). Opsežna istraživanja okoštavanja spojeva glave u divljih životinja provedena su u morske krave (*Trichechus manatus latirostris*) (HONSON i sur. 2009) i vuka (GEIGER i HAUSSMAN, 2016).

Postnatalno sraštavanje kostiju glave dobrog dupina bitno je poznavati kako bi razumjeli njegov način rasta. To je moguće postići pregledom lubanje i određivanjem stupnja sraštavanja spojeva pojedinih kostiju porijeklom od jedinke poznate duljine tijela i /ili dobi. Na taj način možemo ustanoviti redoslijed procesa u razvoju lubanje i odrediti vrijeme potpunog završetka okoštavanja pojedinih šavova. U slučaju pronalaska lubanje dobrog dupina moći će se na temelju rezultata ovih istraživanja procijeniti dob jedinke.

HIPOTEZA I CILJEVI RADA

Kitovi su prošli brojne modifikacije zbog prilagodbe životu u vodi okruženju. Brojne morfološke prilagodbe odnose se na lubanju: teleskopski rast i asimetrija lubanje, rostralne kosti glave potisnute su kaudalno, a nosni otvori su položeni dorzalno. Postnatalno srašćavanje kostiju glave dobrog dupina bitno je poznavati da bi razumjeli njegov način rasta, a na taj način možemo ustanoviti redosljed procesa u razvoju lubanje i odrediti vrijeme potpunog završetka okoštavanja pojedinih šavova. U slučaju pronalaska lubanje dobrog dupina moći će se na temelju rezultata ovih istraživanja procijeniti dob jedinke.

MATERIJAL I METODE

U ovom istraživanju pregledali smo 25 lubanja dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) koje se nalaze u zbirci Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Lubanje su porijeklom od dobrih dupina koji su pronađeni mrtvi u Jadranskom moru u razdoblju od 2014. godine do 2017. godine. Ovi dobri dupini postmortalno su pregledani u okviru sustavnog praćenja stanja populacija morskih sisavaca Jadranskoga mora koje se od 1990. provodi na Veterinarskom fakultetu uz odobrenja nadležnih ustanova. Ukupno su pregledane lubanje 12 mužjaka i 12 ženki te jedna lubanja dupina nepoznatog spola. Svi podaci o dobi, spolu i veličini dobrih dupina preuzeti su iz zapisnika o pronađenim dupinima koji čine sastavni dio zbirke Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju (Tablica 1).

Tablica 1. Dobri dupini (*Tursiops truncatus*) iz Jadranskoga mora obuhvaćeni ovim istraživanjem (- = nepoznato)

Redni broj	Oznaka dupina	Datum nalaza	Mjesto nalaza	Ukupna tjelesna duljina (cm)	Ukupna tjelesna masa (kg)	Spol	Dob
1.	325	6.7.2014.	Sućuraj, Hvar	112	20	Ž	mladunče
2.	355	18.7.2015.	more oko Ošljaka	177	51	Ž	mladunče
3.	356	1.8.2015.	Molat	263	-	Ž	odrasla
4.	358	5.8.2015.	Trasorka	138	33,5	Ž	jednogodišnjak
5.	367	9.10.2015.	Brdonja	294	-	M	odrasla
6.	371	2.12.2015.	Uvala Čikat, Lošinj	249	172	M	mlada odrasla
7.	372	11.1.2016.	Kaštel Štafilić	195	95,5	M	mladunče
8.	373	5.2.2016.	luka Rijeka	244	200	Ž	mlada
9.	374	12.2.2016.	luka Pula	288	233	Ž	stara
10.	378	7.5.2016.	Komiža	223	137	M	mlada
11.	379	5.5.2016.	more oko Vrgade	225	-	M	odrasla
12.	381	3.7.2016.	zapad otoka Žuta	-	-	-	odrasla
13.	382	13.7.2016.	Limski kanal	129	19,5	M	mladunče
14.	385	23.7.2016.	Poreč	236,5	152	M	mlada odrasla
15.	386	24.7.2016.	Rogoznica	282	-	Ž	odrasla
16.	387	25.7.2016.	uvala Lovrečica, Novigrad	123	-	Ž	mladunče
17.	388	3.9.2016.	jug Visa	164	49	M	mlada
18.	390	17.10.2016.	Vir	175	56	Ž	mlada
19.	391	31.10.2016.	Primošten	241	105	Ž	mlada odrasla
20.	392	16.11.2016.	otok Koludarac, Lošinj	170	51	Ž	mladunče
21.	395	11.1.2017.	Stari Grad, Hvar	186	81	Ž	mlada
22.	399	20.2.2017.	Seline	269	217	M	stara
23.	402	2.5.2017.	Gajac, Pag	206	85	M	mlada
24.	403	4.5.2017.	Drvenik Veli	272	294	M	mlada odrasla
25.	420	6.9.2017.	Ubli, Lastovo	164	54	Ž	mladunče

Dupini su razvrstani u pet dobnih kategorija, koje su osim prema dobi, određene i tjelesnom duljinom dupina. Prva dobnja kategorija obuhvaća jednogodišnjake, odnosno dupine manje od 140 cm. Druga dobnja kategorija obuhvaća mladunčad od 1. do 3. godine života čija je tjelesna duljina u rasponu od 141 do 190 cm. U trećoj dobnjoj kategoriji nalaze se mladi dupini od 4. do 7. godine života i veličine od 191 do 240 cm. Četvrta dobnja kategorija uključuje mlade - odrasle dupine od 8. do 14. godine starosti i veličine od 241 do 270 cm. Peta dobnja kategorija obuhvaća odrasle-stare dupine iznad 14. godine života i preko 271 cm tjelesne duljine. Broj pregledanih dupina raspoređenih u dobnje kategorije prikazan je u tablici 2. U treću dobnju kategoriju ulazi i jedinka 390 koja je pronađena bez repne peraje te joj je ukupna tjelesna duljina procijenjena na 175 cm.

Tablica 2. Dobne kategorije dobrih dupina (*Tursiops truncatus*) iz Jadranskoga čije su lubanje korištene u ovom istraživanju

Dobna kategorija	Broj ženki	Broj mužjaka	Spol nepoznat	Ukupna tjelesna duljina (cm)
1.	3 (dupin 325, 387 i 358)	1 (dupin 382)	0	94 – 138
2.	3 (dupin 420, 392 i 355)	2 (dupin 388 i 395)	0	164 – 186
3.	1 (dupin 390)	4 (dupin 372, 402, 378 i 379)	0	175 – 225
4.	3 (dupin 391, 373 i 356)	3 (dupin 385, 371 i 399)	0	236,5 – 269
5.	2 (dupin 386 i 374)	2 (dupin 403 i 367)	1 (dupin 381)	272 – 294

Pregled lubanja obuhvaćao je proučavanje 37 spojva glave s unutarnje i vanjske strane lubanje dobrog dupina i određivanje stupnja njihovog okoštavanja. Nazivlje i opis spojeva preuzeti su iz SCHALLER (1992) i Nomina Anatomica Veterinaria (2017). Okoštavanja smo razvrstali u četiri stupnja (stupanj 0 do stupanj 3) koje smo preuzeli iz HOSON i sur. (2009) i prilagodili potrebama našeg istraživanja. Opisi stupnjeva okoštavanja prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Stupnjevi okoštavanja spojeva lubanje dobrog dupina

Stupanj okoštavanja šava lubanje	Definicija
0	nema okoštavanja
1	djelomično okoštavanje, spoj dobro vidljiv
2	spoj djelomično potpuno ispunjen koštanim tkivom
3	spoj potpuno ispunjen koštanim tkivom, razmak neznatan ili ga nema

REZULTATI

Usljed odstupanja od položaja kostiju glave, koji je uobičajen za većinu domaćih i ostalih kopnenih sisavaca, u dobrog dupina uočene su znate razlike u položaju šavova lubanje. Položaj šavova na lubanji dobrog dupina nije dosada opisan te su u okviru ovog istraživanja izrađene fotografije lubanja i ucrtani determinirani šavovi (slika 1, 2, 3 i 4)



Slika 1. Lubanja dobrog dupina iz Jadranskog mora - norma caudalis. Označeni su sljedeći šavovi: *sutura occipitointerparietalis* (1) i *sutura lambdoidea* (2).



Slika 2. Lubanja dobrog dupina iz Jadranskog mora - norma dorsalis. Označeni su sljedeći šavovi: *sutura coronalis* (3), *sutura frontomaxillaris* (4), *sutura maxilloincisiva* (8), *sutura interfrontalis* (9), *sutura frontonasalis* (10) i *sutura internasalis* (11).



Slika 3. Lubanja dobrog dupina iz Jadranskog mora - norma lateralis (gore i dolje). Označeni su sljedeći šavovi: *sutura lambdoidea* (2), *sutura coronalis* (3), *sutura frontomaxillaris* (4), *sutura lacrimomaxillaris* (5), *sutura occipitosquamosa* (6), *sutura frontolacrimalis* (7), *sutura maxilloincisiva* (8), *sutura frontonasalis* (10) i *sutura squamosa* (19).



Slika 4. Lubanja dobrog dupina iz Jadranskog mora - norma ventralis. Označeni su sljedeći šavovi: *sutura lacrimomaxillaris* (5), *sutura frontolacrimalis* (7), *sutura maxilloincisiva* (8), *sutura palatina mediana* (12), *sutura palatomaxillaris* (13), *sutura palatina transversa* (14), *sutura occipitomastoidea* (15), *sutura pterygosphephenoidalis* (16), *sutura pterygopalatina* (17), *sutura zygomaticomaxillaris* (18) i *sutura vomerosphenoidalis* (20).

Spojevi glave koje smo promatrali u ovome radu te pripadajući stupnjevi okoštavanja prikazani su u tablicama 4. i 5. U svih dupina primijećeno je da su *sutura occipitointerparietalis* (šav između zatiljne i međutjemene kosti) i *sutura vomerosphenoidalis* (šav između krila rala i klinaste kosti) od rođenja okoštale. *Sutura occipitointerparietalis* u najmlađe jedinke ima prisutan stupanj 3 okoštavanja, dok u *sutura vomerosphenoidalis* prvo nalazimo stupanj 2 u jedinki prve dobne kategorije, dok je već u dupina 2. dobne kategorije stupanj okoštavanja 3.

Sutura maxilloincisiva, *interfrontalis*, *palatomaxillaris* i *palatina transversa* imaju sličan obrazac razvoja. U jako mladih jedinki (1. dobna kategorija) kosti koje spajaju navedeni šavovi su potpuno odvojene, odnosno stupanj okoštavanja je 0. Početak okoštavanja zamijećen je u dupina 2. dobne kategorije kada prelazi u stupanj 1. Postoje i iznimke gdje npr. *sutura maxilloincisiva* već u jedinke 1. dobne kategorije (dupin 325, tjelesna duljine (TD) = 112 cm) ima stupanj okoštavanja 1 ili *sutura interfrontalis*, *palatomaxillaris* i *palatina transversa* u kojih veći stupanj okoštavanja vidimo na lubanji dupina 387 (TD = 123 cm) i to na desnoj strani lubanje. Zanimljivo je primijetiti da sve te iznimke pripadaju jedinkama ženskog spola.

Većina ostalih šavova navedenih u tablici 4 počinju okoštavati u jedinki 2. dobne kategorije osim *sutura frontonasalis*, *internasalis*, *palatina mediana* i *pterygopalatina*. *Sutura palatina mediana*, *pterygopalatina* i *frontonasalis* počinju okoštavati u jedinki 3. dobne kategorije, dok *sutura internasalis* tek u jedinki 4. dobne kategorije.

Određeni šavovi ostaju niskog stupnja okoštavanja cijelog života. To su *sutura lacrimomaxillaris*, *sutura frontolacimalis*, *sutura interfrontalis*, *sutura frontonasalis*, *sutura internasalis* i *sutura zygomaticomaxillaris*. Ovi šavovi i u najstarijih jedinki ostaju stupnja 1 okoštavanja. Postoje i iznimke pa za *sutura interfrontalis* nalazimo stupanj 2 okoštavanja u dupina 399 (TD = 269 cm). Istu pojavu možemo primijetiti i u *sutura frontonasalis* koja je u stupnju 2 okoštavanja u dupina 399 i čak stupnja 3 na lubanji dupina 374 (TD = 288 cm).

Sutura frontomaxillaris i *occipitosquamosa* prelaze u stupanj 2 tek u 5. dobnoj kategoriji. Uočeno je da *sutura coronalis*, *palatina mediana* i *pterygosphenoidalis* poprimaju stupanj 2 okoštavanja u 3. dobnoj kategoriji te ne okoštavaju do stupnja 3 niti u najstarijih jedinki. U dupina 391 (TD = 241 cm) zabilježen je stupanj 0 okoštavanja za *sutura pterygosphenoidalis* iako je stupanj 1 pronađen već u jedinki tjelesne duljine od 123 cm (dupin 387). Ostali šavovi koji ne

poprimaju stupanj 3 niti u najstarijih jedinki su: *sutura maxilloincisiva*, *sutura occipitomastoidea* i *sutura pterygopalatina*. *Sutura pterygopalatina* nije okoštala u dupina 391 (TD = 241 cm).

Sutura palatamaxillaris i *palatina transversa* imaju kratak period prijelaza iz stupnja 0 do stupnja 2 okoštavanja (samo dupin 392 ima zapažen stupanj 1) nakon čega *sutura palatina transversa* ostaje stupnja 2 okoštavanja, dok *sutura palatamaxillaris* poprima stupanj 3 u 5. dobnoj kategoriji.

Sutura squamosa nije pronađena u stupnju 1 okoštavanja. Već nakon stupnja 0 prelazi u stupanj 2 u jedinki 2. dobne kategorije te ostaje takva u dupina do 5. dobne kategorije, kada prelazi u stupanj 3. Najbrže okoštava *sutura lambdoidea* u kojoj je stupanj 3 pronađen već u dupina 3. dobne kategorije (dupin 378, TD = 223 cm).

Tablica 4. Popis šavova i stupnjevi okoštavanja u dobrog dupina iz Jadranskoga mora – 1. dio (od 325 do 367 – oznaka dupina, L=lijevo, D=desno, žuto - 1. dobna kategorija, svijetlozeleno - 2. dobna kategorija, tamnozeleno - 3. dobna kategorija, svijetloplavo – 4. dobna kategorija, tamnoplavo – 5. dobna kategorija)

Broj	Šav	325	387	382	358	420	388	392	355	395	390	372	402	378	379	385	391	373	371	356	399	381	403	386	374	367
1	Sutura occipitointerparietalis	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	Sutura lambdoidea	0	0	0	0	0	0	D0 L2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	Sutura coronalis	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	Sutura frontomaxillaris	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
5	Sutura lacrimomaxillaris	0	0	0	0	0	0	0	1	0	D0 L1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Sutura occipitosquamosa	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
7	Sutura frontolacrimalis	0	0	0	0	0	0	0	1	0	D0 L1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Sutura maxilloincisiva	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2
9	Sutura interfrontalis	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
10	Sutura frontonasalis	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1
11	Sutura internasalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
12	Sutura palatina mediana	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
13	Sutura palatomaxillaris	0	L0 D2	0	0	0	0	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2
14	Sutura palatina transversa	0	L0 D1	0	0	0	0	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	Sutura occipitomastoidea	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
16	Sutura pterygosphenoidalis	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	1	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
17	Sutura pterygopalatina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	D0 L1	1	1	1	1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2
18	Sutura zygomaticomaxillaris	0	0	0	0	0	0	0	1	0	D0 L1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	Sutura squamosa	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
20	Sutura vomerosphenoidalis	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

U svih dobnih kategorija dupina stupanj 3 okoštavanja također je pronađen za *sutura sphenoehtmoidalis* i *sutura lacrimozygomatica*, dok je za *synchondrosis sphenoccipitalis* u vrlo mladih dupina primijećen stupanj 2. Taj spoj brzo prelazi u stupanj 3, već u 2. dobnj kategoriji (dupin 420, TD = 164 cm).

Sutura frontoethmoidalis i *synchondrosis intraoccipitalis basilateralis* nisu okoštale u najmlađih jedinki, ali u 2. dobnj kategoriji (dupin 392) prelaze u stupanj 2, a onda i u sljedećoj, trećoj, dobnj kategoriji u stupanj 3.

Većina šavova i sinhondroza u dupina 355 ima viši stupanj nego u ostalih dupina iste dobne kategorije. To su *sutura sphenofrontalis*, *sutura sphenosquamosa*, *sutura sphenoparietalis*, *sutura frontopalatina*, *sutura vomerofrontalis*, *sutura vomeropalatina*, *synchondrosis intersphenoidalis* i *synchondrosis intraoccipitalis squamolateralis*. *Sutura sphenosquamosa* je u jedinki prve i druge dobne kategorije stupnja okoštavanja 0, s iznimkom u dupina 355 i 395 u kojih je stupanj okoštavanja 1. U trećoj dobnj kategoriji je stupanj okoštavanja 1, a tek je u jedinki 4. i 5. dobne kategorije on stupanj 2.

Sutura frontopalatina doseže stupanj 2 u dupina 3. dobne kategorije i ostaje na ovom stupnju okoštavanja i u najstarijih jedinki. U *sutura sphenofrontalis*, *sphenoparietalis* i *vomeropalatina* se stupanj okoštavanja s 0 poveća na 2 i ne prelazi u stupanj 3. Iznimku predstavlja dupin 378 (TD = 223 cm) u kojeg *sutura sphenoparietalis* ima stupanj okoštavanja 1. Za razliku od prethodno navedenih šavova, *synchondrosis intersphenoidalis* okošta u stupanj 3, što je najranije uočeno u dupina 356 i u svih starijih jedinki.

Sutura vomerofrontalis i *synchondrosis intraoccipitalis squamolateralis* nakon stupnja 0 okoštavanja prelaze u stupanj 3 koji je bez iznimke pronađen u svih starijih jedinki. *Sutura vomeroincisiva* ima postupan razvoj. Stupanj 1 nađen je u dupina 372, a prelazi u stupanj 2 u dupina 403. Iznimku okoštavanja tog šava predstavlja dupin 367 (TD = 294 cm) u kojeg je ponovno uočen stupanj 1 okoštavanja.

Na lubanji dobroga dupina postoje spojevi koji nikada ne okoštaju. Naime, *sutura interincisiva*, *sutura temporozygomatica* i *synchondrosis intermandibularis* za vrijeme cijeloga života jedinke imaju stupanj okoštavanja 0.

Tablica 5. Popis spojeva glave i stupnjevi okoštavanja u dobrog dupina iz Jadranskoga mora – 2. dio (od 325 do 367=oznaka dupina, L=lijevo, D=desno, žuto - 1. dobna kategorija, svijetlozeleno - 2. dobna kategorija, tamnozeleno - 3. dobna kategorija, svijetloplavo – 4. dobna kategorija, tamnoplavo – 5. dobna kategorija)

Spoj	325	387	382	358	420	388	392	355	395	390	372	402	378	379	385	391	373	371	356	399	381	403	386	374	367	
Sutura sphenofrontalis	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sutura sphenothmoidalis	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sutura sphenosquamosa	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
Sutura sphenoparietalis	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sutura frontoethmoidalis	0	0	0	0	0	0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sutura frontopalatina	0	0	0	0	0	0	0	1	0	D0 L1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sutura vomerofrontalis	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Sutura interincisiva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sutura vomeropalatina	0	0	0	0	0	0	0	2	0	D0 L1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sutura vomeroincisiva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1
Sutura temporozygomatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sutura lacrimozygomatica	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Synchondrosis sphenoccipitalis	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Synchondrosis intersphenoidalis	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	
Synchondrosis intraoccipitalis squamolateralis	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Synchondrosis intraoccipitalis basilateralis	0	0	0	0	0	L0 D1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Synchondrosis intermandibularis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

RASPRAVA

Na temelju dobivenih rezultata možemo primijetiti da je u trenutku rođenja dobrog dupina jako mali broj spojeva glave okoštao. Najbrže okoštavanje se događa upravo na bazi lubanje gdje klinasta kost sraste s ralom (*sutura vomerosphenoidalis*), sitastom (*sutura sphenothmoidalis*) i zatiljnom kosti (*synchondrosis sphenoccipitalis*). Suprotno tome, već u najmanjih jedinki okoštali su šav između zatiljne i međutjemene kosti (*sutura occipitointerparietalis*) te šav suzne i jagodične kosti (*sutura lacrimozygomatica*). Njihov stupanj okoštavanja je u većini slučajeva u najvećem stupnju, ili vrlo brzo napreduje do najvećeg stupnja, što nam govori da se tijekom rađanja jedinke navedene kosti ne mogu pomicati i prilagođavati porođajnom kanalu.

WALSH i BERTA (2011) opisali su okoštavanje spojeva dijelova zatiljne kosti i zatiljne kosti sa susjednim kostima u kitova. Prema njihovom opisu prvo okoštava spoj bazalnog dijela zatiljne kosti s klinastom kosti (*synchondrosis sphenoccipitalis*), a prati ga okoštavanje šava bazalnog dijela zatiljne kosti i njenih lateralnih dijelova (*synchondrosis intraoccipitalis basilateralis*) te završava s okoštavanjem šavova lateralnih dijelova zatiljne kosti i ljuske te kosti (*synchondrosis intraoccipitalis squamolateralis*). Rezultati našeg istraživanja pokazuju kako šavovi zatiljne kosti dobrog dupina prate taj isti redoslijed.

Za vrijeme druge dobne kategorije najveći broj šavova glave dobrog dupina počne okoštavati. To je razdoblje u kojem se jedinka još smatra mladunčetom. Zatiljna kost prvo sraste s tjemenom (*sutura lambdoidea*), pa tjemena sa čeonom (*sutura coronalis*), nakon čega srastu lijeva i desna čeona kost (*sutura interfrontalis*) i čeona kost sa sitastom (*sutura frontoethmoidalis*). U isto vrijeme okošta spoj između presfenoida i bazisfenoida (*synchondrosis intersphenoidalis*) te šavovi koje klinasta kost čini s čeonom (*sutura sphenofrontalis*) i tjemenom (*sutura sphenoparietalis*). Spajanjem sljepoočne i tjemene kosti (*sutura squamosa*) zatvara se neurokranij u dobrog dupina iz Jadranskoga mora.

Šavovi između nosnih kostiju i čeonih kostiju i šav rala sa sjekutićnom kosti okoštaju za vrijeme treće dobne kategorije kada su jedinke već duge oko 200 cm. Okoštavanje šava između lijeve i desne nosne kosti započinju tek u 4. dobnoj kategoriji. Tako kasno okoštavanje pojedinih šavova se ne događa u kitova usana. U vrsta patuljasti kit (*Balaenoptera acutorostrata*) i grbavi kit (*Megaptera novaengliae*) su svi kranijalni šavovi srasli do prve godine života te su u stabilnom

stadiju okoštavanja koji napreduje za vrijeme života jedinke, izuzev spojeva glave koji ne okoštaju u kitova zubana (WALSH i BERTA, 2011). U radu HOSON i sur. (2009), koji su promatrali srašćavanje kostiju glave morske krave (*Trichechus manatus latirostris*), primijećene su dvije skupine šavova koje se razlikuju po brzini i napretku okoštavanja. U prvoj skupini, koja obuhvaća *sutura maxilloincisiva*, *sutura palatina mediana*, *sutura interfrontalis* i *sutura coronalis*, svi šavovi dosežu stupanj 2 okoštavanja već u juvenilnoj dobi i nema razlike između jedinki različitog spola. U našem istraživanju ti spojevi su pred kraj 2. dobne kategorije u stupnju 1 okoštavanja osim *sutura palatina mediana* koja se u stupnju 1 pojavljuje tek u 3. dobnoj kategoriji, uz iznimku dupina 355 (ženka). U drugu skupinu HOSON i sur. (2009) svrstali su spojeve bazikranija (baze lubanje) gdje šavovi sporije okoštavaju, ali postupno napreduju. Kao što je već navedeno, u dobrog dupina spojevi baze lubanje su jedni od spojeva koji najbrže okoštaju i u kojih većina okošta do stupnja 2, a neki (*sutura sphenothmoidalis*, *synchondrosis intersphenoidalis* i *synchondrosis sphenoccipitalis*) i do stupnja 3 čak i u najmlađih životinja.

U vrsta plavobijeli dupin (*Stenella coeruleoalba*) i obični dupin (*Delphinus delphis*) koji su pri kraju fetalnog razvoja i mladunčad imaju veću gustoću kostiju nego plodovi na početku fetalnog razvoja. Posebice je gustoća kostiju timpaničnog i petroznog dijela sljepoočne kosti visoka u jedinki ukupne duljine tijela od 70 do 87 cm. Ovakvo rano okoštavanje povezuje se s eholokacijom (COZZI i sur., 2015) koja je presudna u djelovanju osnovnog osjetila kitova zubana, a to je osjetilo sluha.

Što se tiče spolnih predispozicija, u većine šavova prvo okoštavanje uočavamo u ženki. Tako *sutura maxilloincisiva*, *sutura palatomaxillaris* i *palatina transversa* u dupina 325 i 387 (ženke) pokazuju prvo okoštavanje u najranijoj životnoj dobi. Također, dupin 355 (ženka) iz 2. dobne kategorije pokazuje veći stupanj okoštavanja u većine šavova od dupina 395 (mužjak) iako je dupin 395 veće tjelesne duljine za 11 cm. Slične rezultate vezano za spol jedinki zamijetili su HOSON i sur. (2009) koji zaključuju da šavovi bazikranija kasnije srašćavaju u muških nego u ženskih jedinki. Naši rezultati upućuju na to da ženke dobrog dupina završe fizički rast u ranijoj dobi nego mužjaci.

ZAKLJUČCI

Ovim istraživanjem po prvi puta je određena dinamika postnatalnog srašćavanja kostiju glave dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) iz Jadranskog mora na temelju pregleda lubanja i određivanja stupnja okoštavanja njenih spojeva.

1. U dobrim dupina svih dobnih kategorija primijećeno je da su *sutura occipitointerparietalis*, *sutura vomerosphenoidalis*, *sutura sphenothmoidalis*, *sutura lacrimozygomatica* te *synchondrosis sphenoccipitalis* od rođenja okoštale. Tijekom rođenja jedinke navedene se kosti ne mogu pomicati i prilagođavati porođajnom kanalu.
2. Za vrijeme druge dobne kategorije najveći broj šavova glave dobrog dupina počne okoštavati. *Sutura palatina mediana*, *sutura pterygopalatina*, *sutura vomeroincisiva* i *sutura frontonasalis* počinju okoštavati u jedinki treće dobne kategorije, dok *sutura internasalis* tek u jedinki četvrte dobne kategorije.
3. *Sutura interincisiva*, *sutura temporozygomatica* i *synchondrosis intermandibularis* ne okoštavaju u dobrog dupina. Za vrijeme cijeloga života jedinke imaju stupanj okoštavanja 0.
4. Najbrže okoštavaju spojevi baze lubanje gdje ventralni dio lubanje brže sraste od dorzalnog dijela.
5. U ženki spojevi glave brže okoštaju što upućuje na to da ženke dobrog dupina završe fizički rast u ranijoj dobi nego mužjaci.

ZAHVALE

Posebno zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Martini Đuras na volji, uloženom trudu, usmjeravanju i velikom strpljenju pri izradi ovog rada. Svojim stručnim vodstvom i savjetima znatno je utjecala na strukturu rada omogućujući njegovo razvijanje i dovršavanje u konačnu verziju.

Zahvaljujem asistentici Kim Korpes, dr. med. vet. na iskrenom interesu za suradnju, sugestijama i komentarima te pomoći u sadržaju i vrijednosti rada i drugim aspektima koji su iznimno pomogli provedbi ovog rada.

Također zahvaljujem kolegi Andreju Kupresu koji je sudjelovao u kreiranju začetaka ovoga rada i tijekom cijelog istraživanja aktivno pomagao svojim savjetima i sugestijama.

Zahvaljujem i izv. prof. dr. sc. Snježani Kužir te asistentu Ivanu Aliću, dr. med. vet. bez čije inicijative i motivacije ovaj rad ne bi bio započet.

POPIS LITERATURE

- COLBERT, M. W., R. RACICOT, T. ROWE (2005): Anatomy of the cranial endocast of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, based on HRXCT. *J Mamm Evol* 12, 195-207.
- COZZI, B., M. PODESTA, C. VACCARO, R. POGGI, S. MAZZARIOL, S. HUGGENBERGER, A. ZOTTI (2015): Precocious ossification of the tympanoperiotic bone in fetal and newborn dolphins: an evolutionary adaptation to the aquatic environment. *The Anat Rec* 298, 1294-300.
- DYCE, K. M., W. O. SACK, C. J. G. WENSING (2010): Textbook of Veterinary Anatomy. 4th edition. Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri, USA, str. 32-99.
- ĐURAS, M., D. DIVAC BRNIĆ, T. GOMERČIĆ, A. GALOV (2014): Craniometry of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Adriatic Sea. *Vet arhiv* 84, 649- 666.
- ĐURAS GOMERČIĆ, M. (2006): Rast, spolni dimorfizam i morfometrijske značajke dobrog dupina (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) iz Jadranskog mora. Disertacija. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, Hrvatska.
- GEIGER, M., S. HAUSSMAN (2016): Cranial suture closure in domestic dog breeds and its relationship to skull morphology. *The Anat Rec* 299, 412– 420.
- HOSON, O., S. KAWADA, S. ODA (2009): Ossification patterns of cranial sutures in the Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) (Sirenia, Trichechidae). *Aquat Mamm* 35, 72-81.
- INTERNATIONAL COMMITTEE ON VETERINARY GROSS ANATOMICAL NOMENCLATURE (2017): Nomina anatomica veterinaria. 6th edition. Editorial Committee Hannover, Ghent, Columbia, MO, Rio de Janeiro, str. 30-38.
- KÖNIG, H. E., H. G. LIEBICH (2009): Anatomija domaćih sisavaca. Prvo hrvatsko izdanje. Naklada Slap, Jastrebarsko, str. 50 - 111.
- McGEADY, T. A., P. J. QUINN, E. S. FITZPATRICK, M. T. RYAN (2014): Veterinarska embriologija. Mišićni i koštani sustav. Naklada Slap, Jastrebarsko, str. 184-202.
- MEAD, J. G., C. W. POTTER (1990): Natural history of bottlenose dolphins along the central Atlantic coast of the United States. U: The bottlenose dolphin (Leatherwood, S., R. R. Reeves, ur.), Academic Press, New York, str. 165-193.
- PERRIN, W. F. (1975): Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern tropical Pacific and Hawaii. University of California Press, San Diego. California, SAD. 206 str.
- ROMMEL, S. (1990): Osteology of the bottlenose dolphin. U: The bottlenose dolphin (Leatherwood, S., R. R. Reeves, ur.), Academic Press, New York, str. 29-50.
- ROMMEL, S. A., D. A. PABST, W. A. MCLELLAN (2013): Skull anatomy. U: Encyclopedia of Marine Mammals. (Würsig, B., W. Perrin, J. G. M. Thewissen, ur.), Academic Press, str. 1033-1047.
- SADLER, T. W. (2008): Langmanova medicinska embriologija. Prijevod 10. izdanja. Školska knjiga, Zagreb, str. 147-152.

SCHALLER, O. (1992): Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, str. 76-79.

WALSH, B. W., A. BERTA (2011): Occipital ossification of balaenopteroid mysticetes. The Anat Rec 294, 391-398.

SAŽETAK

Postnatalno sraštavanje kostiju glave dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) iz Jadranskog mora

Toni Maleš

Student V. godine Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Jadransko more nastanjuje populacija dobrih dupina (*Tursiops truncatus*) koja se smatra ugroženom i zakonom je zaštićena. U istraživanju divljih, a posebno zaštićenih životinja, važnu ulogu ima morfologija lubanje jer upućuje na biološke karakteristike kao što su vrsta, populacija, spol i dob. Uslijed prilagodbe životu u vodi kitovi su prošli brojne morfološke promjene tijekom evolucije. U području lubanje to su asimetričnost i teleskopski rast koji predstavlja produljenje rostralnih kostiju i dorzorostralno pomicanje kaudalnih kostiju lubanje. Kako bi se stekao uvid u način rasta takve lubanje pregledani su stupnjevi okoštavanja spojeva 25 lubanja dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) iz Jadranskoga mora iz zbirke Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Uočeno je da je dio spojeva u području neurokranija okoštao već prilikom rođenja dobrog dupina, a najveći dio preostalih šavova počinje okoštavati nakon rođenja. Najbrže okoštavaju spojevi baze lubanje čime ventralni dio lubanje brže sraste od dorzalnog dijela. Većina šavova prati pravilan redosljed okoštavanja. U ženki šavovi glave brže okoštaju što upućuje na to da ženke dobrog dupina završe fizički rast u ranijoj dobi nego mužjaci.

Ključne riječi: *Tursiops truncatus*, lubanja, spojevi glave, suturae capitis, sraštavanje.

SUMMARY

Postnatal ossification of cranial bones in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from the Adriatic Sea

Toni Maleš

5th year student of the Faculty of Veterinary Medicine of the University of Zagreb

The Adriatic Sea inhabits a population of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) which is considered to be endangered and is legally protected. In the research of wild and especially protected animals, skull morphology plays an important role because it refers to biological characteristics such as species, population, sex and age. Due to adaptation to life in the water whales have undergone numerous morphological changes during evolution. In the skull area, these are asymmetry and telescopic growth, which include the elongation of the rostral bones and dorsorostral movement of the cranial bones. In order to gain insight into the growth of such skull, we examined the ossification stages of joints on 25 skulls of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from the Adriatic Sea hosted in the collection of the Department of Anatomy, Histology and Embryology at the Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb. It has been noted that some of the joints in the neurocranial area had been ossified since the birth of the bottlenose dolphin and most of the remaining sutures begin to ossify after birth. Joints on the base of the skull are the ones that have the fastest rate of ossification which means that the closure of the ventral braincase is prior to closure of the dorsal. Most sutures follow the proper order of ossification. Sutures in female specimens seem to ossify faster, suggesting that female dolphins end their physical growth at an earlier age than males.

Key words: *Tursiops truncatus*, skull, joints of the head, *suturae capitis*, ossification.

ŽIVOTOPIS

Rođen sam 29.2.1996. godine u Splitu gdje sam završio opću gimnaziju „Marko Marulić“. Godine 2014. upisao sam Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu koji trenutno pohađam kao student pete godine. Tijekom studiranja bio sam demonstrator kolegija „Histologija i opća embriologija“ u Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju. Aktivni sam član Udruge studenata veterinarske medicine od njenog osnutka. Prisustvovao sam 6. međunarodnom kongresu „Veterinarska znanost i struka“ 2015. godine u Zagrebu, 14th Small Animal Veterinary Symposium 2018. godine u Beogradu i 5. Hrvatskom kongresu veterinarara male prakse 2019. godine u Zagrebu. Također sam sudjelovao kao volonter u organizaciji 15th European Poultry Conference 2018. godine u Dubrovniku. Stipendist sam grada Splita od 2015. godine.